COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 FÉVRIER 1899,

PRÉSIDENCE DE M. VAN TIEGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** informe l'Académie que *Sir George-Henry Richards,* Correspondant de la Section de Géographie et Navigation, dont la mort ne lui avait pas été annoncée, est décédé à Londres, le 14 novembre 1896.

M. **Hatt** donne lecture de la Notice suivante sur la vie et les travaux de notre savant Correspondant :

« Sir George-Henry Richards, né à Anthony (Cornouailles) le 13 juin 1820, entra, en 1833, dans la Marine Royale, carrière où s'était distingué son père, George-Spencer Richards, devenu capitaine de vaisseau au service de S. M. Britannique. Après deux ans de navigation dans l'Atlantique, le jeune Richards, nommé midshipman, fut attaché, en 1835, à une mission d'exploration du Pacifique. Il fit ses débuts sous la direction

du célèbre hydrographe Belcher, et gagna ses premiers grades dans cette campagne, qui se prolongea pour lui pendant sept années consécutives, et qui lui permit de participer à des reconnaissances hydrographiques dans le Pacifique, la Nouvelle-Guinée, les Moluques, ainsi qu'à l'expédition contre la Chine en 1840.

» En 1842, après trois mois de séjour en Angleterre, le lieutenant Richards dut repartir à bord du *Philomel*, destiné à l'hydrographie des Malouines. Cette nouvelle campagne dura moins que la première, car le *Philomel* fut détaché, en 1855, dans la Plata pour coopérer à l'expédition contre Rosas. Richards se distingua à l'attaque de l'Obligado et, à son retour en Angleterre, en juin 1846, il fut promu capitaine de frégate.

» L'année suivante, il repartit sur l'*Acheron*, armé pour faire l'hydrographie de la Nouvelle-Zélande, dont les Cartes, actuellement existantes, proviennent encore, en grande partie, de ce levé et mentionnent les noms de Stokes et Richards.

» A peine de retour de cette campagne de plus de quatre ans, il redemanda du service (1852) et vit sa demande immédiatement accueillie, car il fut appelé au commandement de l'*Assistance*, qui fit partie de la croisière envoyée dans les régions arctiques pour continuer les recherches concernant l'expédition de Franklin. Cette mission contribua à mettre en relief les qualités multiples acquises par le brillant officier dans son rude apprentissage de savant et d'homme d'action.

» Dans l'espace de sept mois, il parcourut plus de 2000 milles en traîneau sur la glace, faisant, dans des conditions vraiment difficiles, le pénible métier d'explorateur. Son égalité d'humeur et son esprit sociable contribuèrent, pour beaucoup, à la réussite de cette expédition, en soutenant le moral de ses subordonnés.

» Nommé capitaine de vaisseau à son retour en Angleterre en 1854, il dut rester en disponibilité jusqu'en 1856, époque à laquelle il obtint le commandement du *Plumper* envoyé en mission hydrographique aux îles Vancouver et sur les côtes de la Colombie britannique. Il reçut en même temps sa nomination de Commissaire du Gouvernement de la Reine pour opérer, de concert avec le commandant Prévost, la délimitation de frontières entre les possessions anglaises et les États-Unis.

» Après s'être acquitté avec honneur de cette tâche, dont le succès, au point de vue technique, lui revient entièrement, Richards entreprit le difficile travail de la reconnaissance des côtes et des îles de l'Amérique occidentale dans une région où la nature a mis tout en œuvre pour décourager

l'hydrographe le plus expérimenté. Côtes dangereuses hérissées d'écueils, climat rude avec les intempéries des pays septentrionaux, absence de ressources, tous les obstacles étaient accumulés et il a fallu la maîtrise de ce vaillant marin pour les surmonter. Ce merveilleux travail devait couronner sa carrière de grande activité et consacrer définitivement sa réputation scientifique.

» Il revint en Angleterre en 1863, après une absence de sept ans, en achevant son troisième voyage de circumnavigation, et fut tout de suite nommé au poste, devenu vacant, d'Hydrographe de l'Amirauté.

» Dans ces fonctions importantes, qu'il conserva pendant dix ans, Richards consacra son activité et sa puissance d'organisation à améliorer le service qui lui était confié, tant au point de vue des méthodes scientifiques que de la production générale.

» C'est sous sa direction que furent organisés les voyages d'exploration des mers auxquels participèrent les navires *Porcupine* et *Lightning*, de 1868 à 1870, et la célèbre expédition du *Challenger* (1872), à la préparation de laquelle il prit une part prépondérante. C'est à lui également que sont dues les études préliminaires concernant les missions anglaises du premier passage de Vénus, qui se mirent en route peu de temps après sa sortie de l'Amirauté.

» Le mérite éminent de Richards fut récompensé par les honneurs que l'Angleterre accorde à la valeur scientifique de ses officiers au même titre qu'à leurs qualités militaires. Nommé contre-amiral en 1870, il devint successivement vice-amiral en 1877 et amiral en 1884. Il devint aide de camp de la Reine en 1869, fut anobli en 1877 et créé Commandeur de l'ordre militaire du Bain en 1888.

» La Société royale l'admit en 1866, l'année même où l'Académie le nommait son Correspondant dans la Section de Géographie et de Navigation, à la place de Fitz-Roy, auquel nul ne pouvait plus dignement succéder.

» Il mourut le 14 novembre 1896, laissant le souvenir d'un homme supérieur, dans la meilleure acception du terme, car, à son grand savoir et à son infatigable activité, il joignait un caractère charmant, beaucoup de finesse et une grande bienveillance vis-à-vis de ses jeunes collègues. Son éloge à la Société royale a été prononcé par l'amiral Wharton, titulaire actuel des fonctions qu'il occupa à l'Amirauté. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la chaleur de formation de la chaux anhydre à partir des éléments*. Note de M. **Henri Moissan**.

« La chaleur de formation de la chaux anhydre à partir des éléments, calcium et oxygène, a été déterminée par M. Thomsen ([1]), qui l'évalue à $+131^{Cal},5$. Mais les résultats indiqués par ce savant présentent quelques incertitudes, en raison des impuretés que contenait son calcium et aussi à cause de la méthode employée. Ces expériences ont été faites avec du calcium, renfermant du fer, attaqué dans le calorimètre par une solution d'acide chlorhydrique, et le poids du calcium a été déduit du volume d'hydrogène dégagé. Enfin, on a opéré en présence de pétrole, ce qui complique nécessairement l'expérience.

» Nous avons pensé qu'il était indispensable de reprendre cette détermination avec le métal pur, que nous avons préparé par solubilité dans le sodium. Nous avons employé pour ces recherches le calorimètre et les méthodes de M. Berthelot.

» Lorsque le calcium obtenu en petits cristaux est projeté à la surface de l'eau, il décompose cette dernière avec rapidité, et, si la quantité d'eau n'est pas très grande ou si le calcium est en poussière fine, il peut se produire des phénomènes d'incandescence. De plus, chaque parcelle de calcium s'entoure d'une gaine d'hydrogène et vient nager à la surface du liquide. Il est donc impossible, dans ces conditions, de faire aucune détermination thermochimique. Au contraire, si le métal est fondu ou aggloméré par une forte pression, la décomposition au contact de l'eau sera beaucoup plus lente, à cause de la chaux hydratée qui ne tarde pas à entourer le métal et qui ralentit la réaction.

» Un cylindre de calcium pesant 1^{gr} environ exige, parfois, plus d'une heure pour se transformer au contact de l'eau en chaux hydratée, et l'expérience est alors beaucoup trop longue pour se prêter à une mesure calorimétrique.

» Pour éviter ces inconvénients, nous avons cherché à obtenir des cylindres peu agglomérés, c'est-à-dire encore poreux, dont la transformation en présence de l'eau se produisait en trois ou quatre minutes.

([1]) Thomsen, *Thermochemische Untersuchungen*, t. III, p. 243.

» Mais, dans ces nouveaux essais, dès que la hauteur du cylindre devient supérieure au tiers de son diamètre, la compression n'est plus uniforme, et, pendant l'attaque de l'eau, le métal se désagrège; il se dégage des parcelles qui viennent encore nager à la surface du liquide. Enfin, la préparation de ce cylindre nécessite toujours une manipulation plus ou moins longue du calcium en présence de l'air, qui peut entraîner une oxydation superficielle avec formation d'une petite quantité d'hydrate de chaux.

» Nous avons adopté définitivement le mode opératoire suivant :

» Le calcium pur, en petits cristaux, est introduit dans un tube cylindrique de platine de $0^m,04$ de hauteur et de $0^m,01$ de diamètre, formé de deux dés entrant à frottement dur l'un dans l'autre. Ce tube porte un grand nombre de petites ouvertures d'environ un quart de millimètre de diamètre. Lorsque l'on projette ensuite ce cylindre de platine dans l'eau, une très petite quantité de liquide pénètre dans l'intérieur, et le dégagement d'hydrogène qui se produit arrête aussitôt toute nouvelle arrivée d'eau. Dès lors, la décomposition ne devient jamais tumultueuse et l'on peut régler la réaction avec facilité. Dans des expériences préliminaires, nous avons remarqué que 1^{gr} de calcium pouvait s'attaquer en trois ou quatre minutes. Après ce temps, il ne reste pas trace de métal inoxydé au milieu du tube de platine. A la fin de l'expérience l'eau est devenue laiteuse et contient en supension de l'hydrate de chaux, ce qui indique une saturation complète de cette base.

» Pour bien mettre le calcium en équilibre de température avec l'eau du calorimètre le tube de platine était introduit dans un tube de verre très mince, de volume un peu plus grand, scellé à la lampe et maintenu pendant toute une nuit au fond même du calorimètre rempli d'eau. Le lendemain matin, le tube de verre était brisé au moment de faire l'expérience et on lisait les variations de température.

» Le poids du calcium mis en expérience était déterminé de deux façons différentes :

» 1° Par pesée en nature;

» 2° Par dosage à l'état de chaux lorsque l'expérience était terminée. Ces deux déterminations ont donné des résultats très voisins.

» Ajoutons que toute la manipulation du calcium pour le remplissage du tube était faite au fond d'une conserve de verre remplie de gaz carbonique sec.

» Nous avons obtenu ainsi pour la réaction

$$Ca + 2H^2O = H^2 + CaO^2H^2 \text{ sol. saturée,}$$

dans deux expériences successives,

$$94^{Cal},74 \quad \text{et} \quad 93^{Cal},44,$$

ce qui donne pour moyenne $94^{Cal},10$.

» Il est facile d'en déduire la chaleur de formation de la chaux à partir de ses éléments par la considération des deux cycles suivants, où la chaleur dégagée est la même :

$Ca + O = CaO$ anhydre........................	x^{Cal}
$CaO + Aq = CaO^2H^2$ sol. saturée...............	$+ 18^{Cal},1$ (B)
$H^2O = H^2 + O$................................	$- 69^{Cal},0$ (B)
$Ca + 2H^2O = H^2 + CaO^2H^2$ sol. saturée.........	$94^{Cal},10$

d'où

$$x + 18,1 - 69 = 94,10,$$
$$x = 145^{Cal},$$

nombre sensiblement plus élevé que celui de Thomsen. De ce nombre on déduit immédiatement ceux relatifs à l'hydrate de calcium :

$Ca + O^2 + H^2 = CaO^2H^2$ solide..............	$+ 229^{Cal},1$
$Ca + O^2 + H^2 = CaO^2H^2$ sol. saturée.........	$+ 232^{Cal},1$

» Nous ferons remarquer que d'après ces expériences la chaleur de formation de la chaux est supérieure à celle des oxydes de potassium (+ 98,2) et de sodium (+ 100,9) ce qui établit que le calcium doit déplacer le sodium et le potassium de leurs oxydes, ce qui se produit en effet ainsi que nous l'avons démontré précédemment à propos des propriétés chimiques du calcium [1].

» Si nous envisageons les chaleurs de formation des différents oxydes (Berthelot, *Thermochimie*, t. I, p. 710), nous voyons que la lithine Li^2O dégage, pour se produire en partant des éléments, $+ 141^{Cal},2$. Bien que ce chiffre soit très voisin de celui de la chaux anhydre, 145^{Cal}, il lui est inférieur. Nous avons pensé alors qu'il serait curieux de chercher à déplacer le lithium de la lithine par le calcium métallique. Nous n'oublions pas cepen-

---

[1] H. Moissan, *Propriétés du calcium* (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 584).

dant que nous ne devons, qu'avec une certaine réserve, appliquer les résultats obtenus à la température ordinaire à des réactions par voie sèche produites vers le rouge sombre.

» L'expérience a été faite de la façon suivante : dans un tube de verre difficilement fusible, on place un mélange de lithine anhydre et de cristaux de calcium. On fait le vide avec la pompe de Sprengel, puis l'on chauffe le mélange. La réaction se produit au rouge sombre sans incandescence, et l'on voit un anneau brillant de lithium se condenser dans la partie froide du tube de verre. Ainsi que la théorie le prévoyait, le calcium déplace donc le lithium de son oxyde anhydre.

» Si nous considérons les chaleurs de formation d'autres oxydes, nous remarquons qne $Mg + O = + 143^{Cal},4$. Il semblerait donc encore ici que le calcium dût déplacer le magnésium. Or, il n'en est rien; nous avons chauffé un mélange de chaux anhydre et de magnésium en poudre dans un creuset de fer à couvercle vissé en présence d'un excès de sodium. Ce dernier métal a la propriété, comme nous l'avons établi précédemment, de dissoudre à chaud le calcium.

» Après avoir porté ce mélange au rouge pendant quelques instants, le gâteau de sodium qui, après refroidissement, se trouvait à la partie supérieure du creuset, contenait des cristaux de calcium facilement séparables par l'alcool anhydre.

» Les expériences de Winkler avaient déjà mis ce fait en évidence ([1]).

» En résumé, le magnésium déplace nettement le calcium de la chaux vive au rouge sombre.

» Nous pensons que l'interprétation de cette expérience doit peut-être amener à considérer la chaleur de formation de la magnésie anhydre, déterminée par M. Thomsen ([2]), comme étant un peu faible. A l'époque où M. Thomsen a fait ces déterminations, le magnésium métallique n'était pas préparé dans un très grand état de pureté. Il n'y aurait donc rien de surprenant à ce que cette expérience ait donné un chiffre de calories inférieur de quelques unités au chiffre réel.

» Nous reprendrons l'étude de cette détermination. »

([1]) Winkler, *Berichte*, p. 122; 1890.

([2]) Thomsen, *Thermochemische Untersuchungen*, t. III, p. 241.

MÉCANIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur le mécanisme des phénomènes thermiques liés à la mise en jeu de l'élasticité des corps solides, inertes ou animés*; par M. **A. Chauveau.**

« I. *Résumé des principes directeurs des présentes recherches.* — A. La mise en jeu de l'élasticité des corps solides — celle du caoutchouc vulcanisé servant de type — par addition ou soustraction de charges, y fait naître, dans tous les cas, *deux sortes de travaux intérieurs : a*, le déplacement des molécules les unes par rapport aux autres; *b*, le changement des dimensions des espaces intermoléculaires.

» *a*. Le déplacement des molécules les écarte de leur position d'équilibre ou les y ramène. Dans le premier cas, il y a *travail extérieur détruit* : c'est une cause d'*échauffement*. Dans le second cas, il y a *travail extérieur produit* : c'est une cause de *refroidissement*.

» *b*. Le changement des dimensions des espaces intermoléculaires est une cause de *refroidissement*, si ces dimensions s'accroissent; d'*échauffement*, si elles diminuent.

» B. Quand l'élasticité est mise en jeu *par compression*, le déplacement des molécules s'accompagne du resserrement des espaces intermoléculaires, c'est-à-dire que les deux travaux intérieurs agissent toujours dans le même sens, au point de vue thermique : *ils dégagent tous deux de la chaleur*.

» Il en va de même, mais en sens inverse, au moment de la *décompression* : les deux travaux intérieurs, retour des molécules à leur position d'équilibre, dilatation des espaces intermoléculaires, sont, l'un comme l'autre, cause d'*absorption de chaleur*.

» C. Quand l'élasticité est mise en jeu *par traction*, le travail intérieur qui écarte de leur position d'équilibre les molécules du corps élastique (cause d'*échauffement*), coïncide avec le travail intérieur qui dilate les espaces intermoléculaires (cause de *refroidissement*).

» Si *la traction cesse*, même chose survient, mais en sens inverse. Il y a coïncidence du travail intérieur qui ramène les molécules du corps élastique à leur position d'équilibre (cause de *refroidissement*) avec le travail intérieur qui opère le retrait des espaces intermoléculaires (cause d'*échauffement*).

» Les deux travaux intérieurs contemporains de l'*allongement* ou de la *rétraction* agissent donc en sens inverse l'un de l'autre, au point de vue thermique. L'un *dégage de la chaleur*, l'autre *en absorbe*.

» D. Les manifestations thermiques se superposant rigoureusement aux manifestations mécaniques, l'étude des conditions de production des deux sortes de travaux intérieurs permet de prévoir, non seulement le sens des effets thermiques produits par la mise en jeu de l'élasticité, mais encore la valeur, au moins relative, de ces effets thermiques. Or :

» *a*. Le premier travail intérieur, *déplacement des molécules*, est fonction du travail extérieur qui y est connexe; ce travail intérieur équivaut au produit de la charge qui met en jeu l'élasticité et du chemin que cette charge parcourt en s'abaissant ou en s'élevant.

» *b*. Le deuxième travail intérieur, *changement des dimensions des espaces intermoléculaires*, est seulement fonction du chemin parcouru par la charge, en admettant que les changements de volume éprouvés par les corps dont on met en jeu l'élasticité soient proportionnels aux changements de forme.

» E. Avec la mise en jeu de l'élasticité *par compression*, les deux valeurs dynamothermiques ci-dessus étant de même sens *s'additionnent* tout simplement. L'*échauffement* et le *refroidissement* purs dus à la *compression* et à la *décompression* représentent donc chacun très exactement la *somme arithmétique* de ces deux valeurs.

» F. Avec la mise en jeu de l'élasticité *par traction*, cette addition s'effectue sur deux valeurs affectées de signes contraires. Il en résulte que l'effet thermique total, produit par l'élongation ou la rétraction d'une lanière élastique, représente toujours la *somme algébrique* de deux effets opposés.

» Comme les variations de ces deux effets ne suivent pas une marche parallèle, l'un étant proportionnel au produit de la charge mise en mouvement et du chemin qu'elle parcourt, l'autre au chemin parcouru, il en peut résulter, pour eux, une rencontre passagère de l'égalité, pendant la croissance ou la décroissance de l'élongation et de la rétraction. Cette rencontre entraîne alors la neutralisation absolue des manifestations thermiques et en marque le point d'inversion.

» Étant données les conditions des deux travaux intérieurs, on peut considérer comme inévitables cette rencontre passagère et la neutralité thermique qui en résulte, tant dans le cas d'*allongement* que dans le cas de *rétraction*. Mais l'inversion thermique est nécessairement de sens contraire

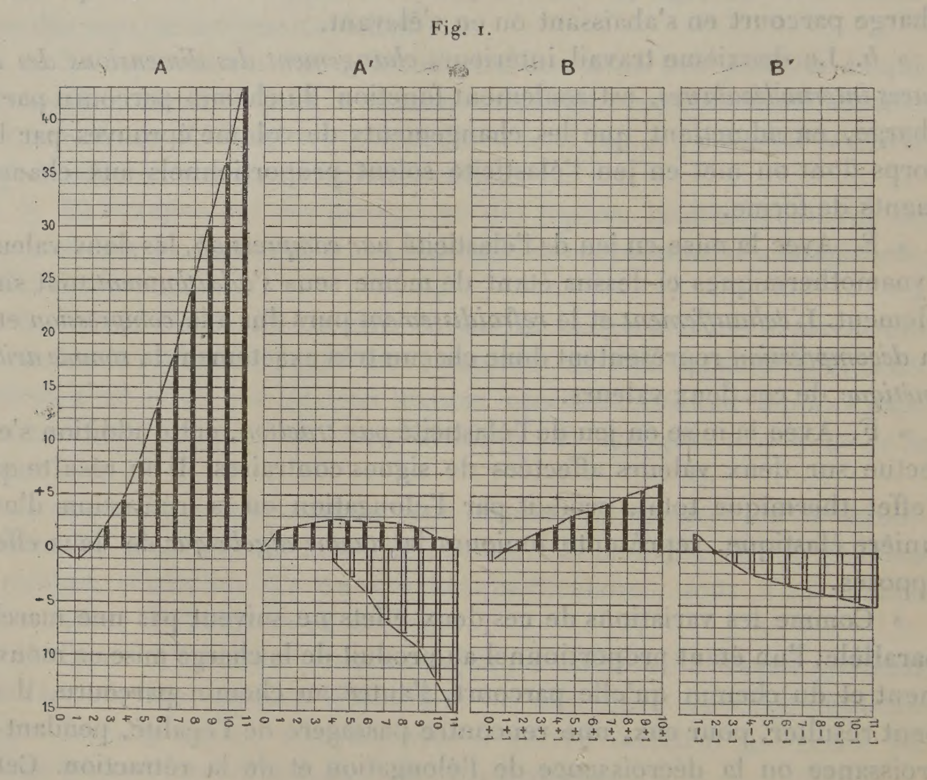
dans les deux cas. Il est logique d'admettre qu'elle survient d'autant plus vite que le corps élastique jouit d'une plus grande extensibilité. Ainsi :

» *a*. Avec le *travail négatif* qui provoque l'*allongement* du caoutchouc, le point neutre et d'inversion est précédé d'une courte phase de *refroidissement* et suivi de la phase thermique principale, celle de l'*échauffement*.

» *b*. Avec le *travail positif* déterminé par la *rétraction* du caoutchouc, le point neutre ou d'inversion est précédé d'une courte phase d'*échauffement* et suivi de la phase thermique principale, celle du *refroidissement*.

» II. *Conditions dans lesquelles les principes précédents trouvent le plus sûrement leur application.* — Tous les procédés de mise en œuvre de l'élasticité des corps solides en général, du caoutchouc vulcanisé en particulier,

Fig. 1.



peuvent être utilisés en exploitant indifféremment deux méthodes différentes, qu'il est nécessaire de distinguer l'une de l'autre.

» Ou bien l'élasticité du corps élastique est provoquée par une série de charges, régulièrement croissantes ou décroissantes, ajoutées ou retranchées d'un seul coup, en partant toujours du même état de tension primitive, faible ou nulle, du corps élastique et en y revenant toujours.

» Ou bien on répète l'addition ou la soustraction de l'unité de charge, et l'on accentue ainsi progressivement les changements de forme de la substance élastique, en même temps qu'on détermine la croissance ou la décroissance progressives de la tension de cette substance.

» En supposant invariable le coefficient de l'élasticité du caoutchouc, *les chemins parcourus par la charge croissent avec celle-ci dans le premier cas; dans l'autre, ils sont toujours égaux entre eux*. Il en résulte, pour les travaux intérieurs de ce dernier cas, partant pour les phénomènes thermiques qui en sont l'expression, une simplicité beaucoup plus grande, que traduisent les graphiques de la *fig.* 1.

» On reprendra ailleurs la comparaison des deux parties de cette figure. Pour le moment, il suffit d'en tirer cette indication immédiatement utile, à savoir que la deuxième méthode d'exploitation des procédés de mise en jeu de l'élasticité est beaucoup plus favorable que la première à l'étude actuelle. D'où le choix de cette deuxième méthode pour les premières déterminations à faire.

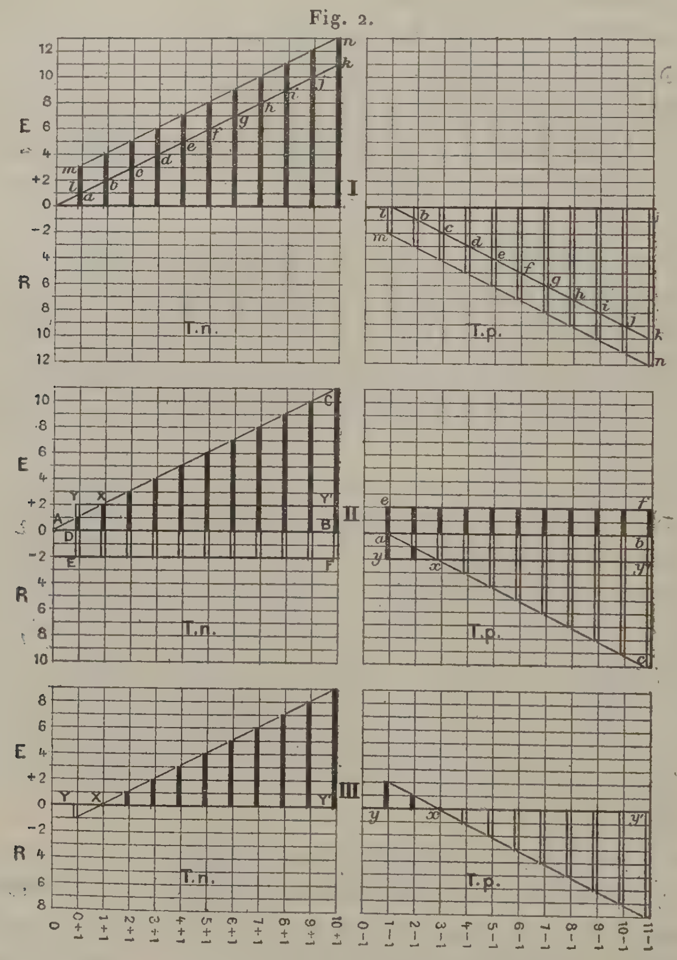
» III. *Examen particulier du cas où l'élasticité du caoutchouc est mise en jeu par un allongement progressif dû à l'addition répétée d'une même charge.* — Complétons, au profit de ce cas spécial, l'analyse des conditions dont dépend la valeur proportionnelle des phénomènes thermiques liés à la mise en jeu de l'élasticité du caoutchouc, tant avec le procédé de la *compression* qu'avec celui de la *traction*.

» *a. Élasticité mise en jeu par compression.* — Supposons le cas d'une compression, graduellement portée, par foulées égales, de la valeur 0 à la valeur 11, grâce à l'addition successive de 11 unités de poids. Puisque c'est le même chemin qui est parcouru par la charge abaissée, le travail accompli est proportionnel à celle-ci. A chaque compression, il y a donc travail négatif graduellement croissant de 1 à 11. Nous pouvons représenter (*fig.* 2, I, Tn), ce travail ou l'échauffement qui en résulte par les 11 ordonnées, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, élevées sur l'axe O des abscisses, dont les divisions marquent les valeurs successivement prises par la charge en mouvement.

» Mais on a vu que l'échauffement ne résulte pas seulement de la destruction de ce travail négatif. Une autre cause y concourt, le rapprochement des molécules de caoutchouc, accompagnant leur déplacement. D'après les données acquises sur la marche de la diminution imprimée au volume des corps élastiques comprimés, on peut attribuer une valeur à peu près constante à l'échauffement produit à chaque foulée égale du caout-

chouc par le fait du resserrement des espaces intermoléculaires. C'est donc la même quantité de chaleur qui, de ce fait, s'ajoute à celle qu'engendre la destruction du travail extérieur. Cette addition peut être représentée dans le schéma (I, Tn). Il suffit d'allonger d'une même quantité les ordonnées déjà tracées. Ce surcroît uniforme d'échauffement a été fait égal au double de l'échauffement dû à l'unité de travail mécanique. C'est une détermination un peu arbitraire. Mais les indications empiriques tirées du cas de l'élasticité mise en jeu par traction, dont il sera question plus loin, montrent que cette détermination n'est certainement pas très éloignée de la vérité.

Fig. 2.



Explication des figures. — Dans ces figures, les graphiques Tn indiquent le *travail négatif,* cause du changement de forme du corps élastique; les graphiques Tp, le *travail positif,* effectué par le retour de ce corps élastique à sa forme première.

La valeur de ces changements de forme se mesure sur l'échelle des abscisses; la valeur des changements de température concomittante, sur l'échelle des ordonnées.

Les ordonnées en noir, élevées sur l'axe O, représentent les échauffements. Les ordonnées en clair, abaissées de ce même axe O, représentent les refroidissements.

FIGURE 1. — *Comparaison des deux modes d'utilisation des procédés de mise en jeu de l'élasticité de traction du caoutchouc, au point de vue des phénomènes thermiques produits par l'allongement et la rétraction.*

A, A', première méthode (charge simple);
B, B', deuxième méthode (charge fractionnée);
A, B, phénomènes thermiques provoqués par l'addition de la charge;
A', B', phénomènes thermiques provoqués par la soustraction de la charge.

FIGURE 2. — *Schémas représentant les prévisions d'échauffement et de refroidissement; en fonction du double travail intérieur contemporain du travail extérieur, cause ou effet des changements de forme imprimés aux corps élastiques.*

On a, dans ces schémas, supposé les changements de forme exactement proportionnels aux changements de charge et ceux-ci graduellement croissants ou décroissants.

I. *Cas de la compression et de la décompression.* — Addition des deux travaux intérieurs et de leurs effets thermiques concordants.

II. *Cas de l'allongement et de la rétraction.* — Travaux intérieurs avec effets thermiques contraires. Mécanisme de la production de la neutralité et de l'inversion thermiques.

III. *Cas de l'allongement et de la rétraction.* — Représentation isolée de la *somme algébrique* des effets thermiques opposés produits par les deux travaux intérieurs.

FIGURE 3. — *Vérification expérimentale des prévisions théoriques représentées fig.* 2.
I. Cas de l'allongement et de la rétraction.
II. Cas de la compression et de la décompression.

» Ce surcroît d'échauffement a été figuré dans la zone *klmn*. Il modifie nécessairement la valeur proportionnelle de la chaleur rendue sensible par les foulées successives du caoutchouc. Celles du début deviennent relativement plus thermogènes que celles de la fin. L'échauffement dû à la destruction du travail négatif croît, en effet, comme les nombres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, tandis que l'échauffement total répond aux nombres 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

» C'est cette dernière progression, ou quelque chose d'approchant, que doivent donner les vérifications expérimentales : nouvelle occasion de contrôle de l'exactitude du mécanisme attribué aux phénomènes thermiques résultant de la mise en jeu de l'élasticité du caoutchouc.

» Passons maintenant aux phénomènes dus à la *décompression*. Ils sont inverses aux précédents. Les ordonnées abaissées de l'abscisse O représentent indifféremment ou le travail positif exécuté par le corps élastique après l'allègement de la charge, ou le refroidissement connexe. Elles diffèrent des ordonnées correspondantes du travail négatif en ce qu'elles sont plus courtes, la charge mue dans celui-ci l'emportant toujours d'une

unité sur celle qui est soulevée dans le travail positif correspondant. Mais il n'y a pas lieu d'attribuer au surcroît de refroidissement provenant de la dilatation du caoutchouc une valeur différente de celle de l'échauffement de la compression, l'écartement des molécules ne pouvant être supérieur ou inférieur au rapprochement qui l'a précédé. La progression des refroidissements, comparée à celle des échauffements, devient ainsi : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, pour la part du travail positif; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, pour la somme des deux actions qui interviennent dans la production du refroidissement.

» Ici encore, il y a lieu de faire remarquer que, si cette dernière progression se reproduit dans les vérifications expérimentales, ce sera tout à la faveur du mécanisme proposé pour les effets thermiques provoqués par la mise en jeu de l'élasticité du caoutchouc.

» *b. Élasticité mise en jeu par traction.* — Supposons le cas d'une lanière de caoutchouc, dont l'allongement soit porté de 0 à 11, par tractions graduelles dues à l'addition successive de 11 unités de charge. Le travail négatif et l'échauffement qui en résulte pourront être représentés (*fig.* 2, I, Tn) exactement comme dans le cas de l'élasticité mise en jeu par compression. L'ensemble des ordonnées comprises dans le triangle ABC figurera la chaleur libérée par le travail mécanique détruit.

» D'autre part, les refroidissements corrélatifs aux dilatations connexes seront représentés par les ordonnées uniformes du parallélogramme DBEF. Rabattons ce parallélogramme, dont le grand côté DB se confond avec celui du rectangle ABC, et alors nous obtiendrons l'expression vraie des phénomènes thermiques provoqués par l'élongation du caoutchouc : en X, neutralité thermique, point d'inversion, intermédiaire entre la phase de refroidissement YX et la phase d'échauffement XY'.

» Dans l'autre partie de la *fig.* 2 (II, Tp), on a représenté le schéma du refroidissement inhérent au travail positif provoqué par l'allégement progressif de la charge : ce sont les ordonnées du triangle *abc*. Celles du parallélogramme *abef* figurent les échauffements déterminés par le retrait connexe des espaces intermoléculaires. La résultante donne sur l'abscisse yy' la neutralité et l'inversion thermiques au point x, avec l'échauffement en deçà, de y à x, et le refroidissement au delà, de x à y'.

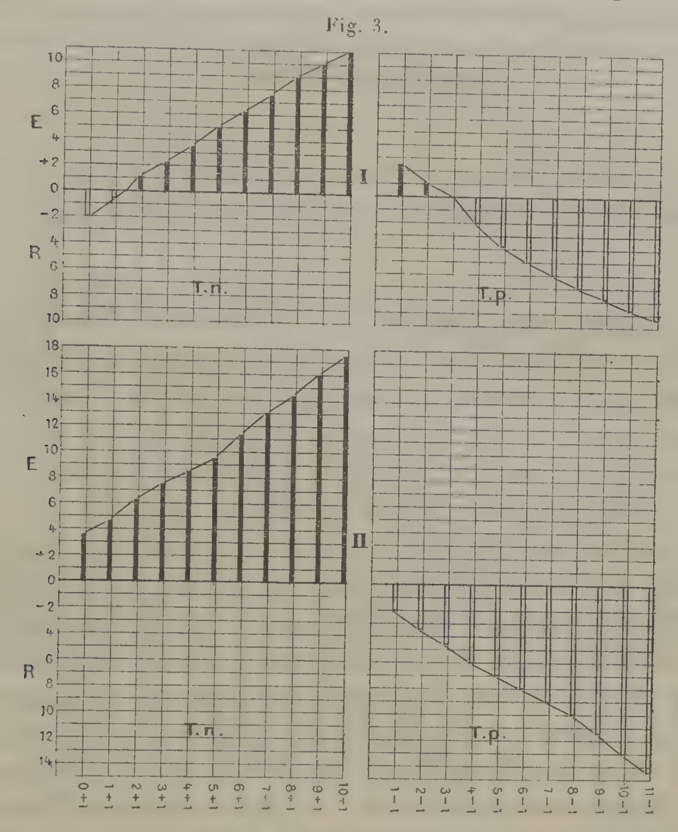
» En supprimant, sur les deux parties du graphique II, les régions dans lesquelles s'annulent les effets thermiques opposés, on obtient les graphiques III montrant dans leur isolement, donc avec la plus grande netteté, les effets thermiques de l'*allongement* et de la *rétraction* du caoutchouc, par

addition ou soustraction répétées d'une même charge, tels que la théorie permet de prévoir ces effets.

» IV. *Vérifications expérimentales :*

» *a. Expériences sur les effets thermiques résultant de la mise en jeu de l'élasticité par traction.* — Je me borne à indiquer celle dont les résultats moyens sont consignés dans les graphiques de la *fig.* 3, I. Je choisis cette expérience, non parce

Fig. 3.



qu'elle est meilleure que les autres, mais tout simplement parce que les conditions favorables du magnétisme terrestre avaient permis de donner au galvanomètre une grande sensibilité.

» Point n'est besoin de légende explicative pour ces représentations graphiques. Leur ressemblance avec les schémas théoriques est poussée si loin qu'on ne saurait douter un seul instant que les effets thermiques de l'allongement et de la rétraction des lanières de caoutchouc ne s'effectuent par le mécanisme indiqué. On trouverait même un renforcement de preuve dans les défectuosités apparentes des résultats obtenus. Les effets thermiques constatés ne croissent pas, en effet, aussi vite que les changements de longueur, et c'est parfaitement conforme avec ce que nous savons du rapport des changements de longueur aux changements de charge.

» *b. Expériences sur les effets thermiques résultant de la mise en jeu de l'élasticité par compression.* — Les graphiques II de la *fig.* 3 représentent les résultats moyens d'une de ces expériences. Ils sont des plus nets et tout à fait conformes aux prévisions théoriques. Remarquons, en particulier, qu'à aucun moment il n'y a neutralité ou inversion thermiques. Le *travail négatif* qui détermine la compression *échauffe toujours* le caoutchouc, et le *travail positif* qui accompagne la décompression le *refroidit toujours,* quelle que soit la valeur de ces travaux et des changements moléculaires imprimés au corps élastique. *Jamais,* si les manœuvres qui opèrent la compression ou la décompression sont bien faites, on ne constate la moindre tendance à l'échauffement avec celle-ci, au refroidissement avec celle-là. »

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'infection typhique expérimentale chez le chien.* Note de MM. **R. Lépine** et **B. Lyonnet.**

« Dans une Note antérieure (*Comptes rendus,* 29 novembre 1897) nous avons établi que l'ingestion, chez le chien, de 300^{cc} à 350^{cc} de culture virulente de bacille d'Eberth n'est, en général, suivie d'aucun trouble appréciable, tandis que l'injection de quelques centimètres cubes de la même culture dans une anse de Thiry a pour résultats des lésions de la muqueuse de cette anse, de la fièvre, et l'apparition du pouvoir agglutinant du sérum. A ces faits nous pouvons aujourd'hui ajouter les suivants :

» I. L'injection, chez un chien de taille moyenne, de 2^{cc} ou 3^{cc} de culture virulente de bacille d'Eberth, soit dans l'épaisseur des parois de l'intestin (c'est-à-dire dans les voies lymphatiques), soit dans le bout central d'une veine mésaraïque ou d'une veine de la circulation générale, produit, dans les heures consécutives : 1° certaines modifications de la température centrale et du nombre des globules blancs du sang, phénomènes tous deux en rapport avec la dose de toxine contenue dans la culture injectée, et que nous avons longuement étudiés dans un travail antérieur (*Revue de Médecine,* novembre 1898); 2° l'élimination d'un certain nombre de bacilles par diverses voies d'excrétion, notamment par l'urine [1] et par la bile; 3° la localisation dans les organes des bacilles restants dans l'économie. En effet, au bout de peu d'heures, on n'en trouve plus dans le sang du cœur et des gros vaisseaux, et il n'en existe plus dans l'urine, recueillie dans l'uretère.

» II. Dès le lendemain ou le surlendemain, on peut constater que les

---

[1] M. Bouchard a, comme on sait, signalé il y a longtemps, l'existence de bacilles d'Eberth dans l'urine des typhiques. Nous avons pu déceler leur présence *dans l'uretère,* chez nos animaux, *un quart d'heure* après l'injection intra-veineuse.

bacilles ont fait élection de siège dans certains organes, notamment dans la rate et dans le foie, où ils existent *toujours*, tandis qu'on les rencontre beaucoup moins constamment dans les autres organes.

» III. Plus tard, après quelques jours, le sérum acquiert le pouvoir agglutinant; puis, pendant plusieurs semaines, on peut trouver des bacilles d'Eberth dans la rate et le foie, très exceptionnellement dans d'autres organes, en même temps que la santé de l'animal demeure parfaite. En effet, il mange bien et ne présente ni diarrhée ni fièvre. Les bacilles localisés dans la rate et le foie ne sécrètent donc pas une quantité de toxine suffisante pour altérer la santé générale, et cependant ils ont conservé leur vitalité; car si l'on ensemence dans un tube de bouillon une parcelle de ces organes, le bouillon se trouble en peu d'heures, et, à l'examen microscopique, on reconnaît une culture pure de bacille typhique. Nous cherchons actuellement à déterminer le degré exact de virulence que ces bacilles, localisés dans le foie et dans la rate, ont pu conserver au bout de plusieurs semaines. Dès à présent, nous pouvons dire que, dans les premiers jours, la virulence des bacilles localisés dans le foie est moindre que celle des bacilles existant dans la rate.

» IV. Par l'injection de quelques centimètres cubes de culture virulente de bacille d'Eberth dans la trachée, on peut amener le développement dans le poumon de noyaux de broncho-pneumonie renfermant le bacille d'Eberth. On a ainsi la lésion du vrai pneumo-typhus. On observe de plus la dissémination du bacille d'Eberth dans les différents organes et leur localisation spéciale dans la rate et le foie.

» Les expériences sur lesquelles sont fondées les conclusions précédentes ont été faites sur plus de quarante chiens. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions chargées de juger les concours de 1899.

Le dépouillement des scrutins donne les résultats suivants :

Prix Montyon (*Physiologie expérimentale*). — MM. Marey, d'Arsonval, Bouchard, Chauveau, Ranvier.

Prix Philipeaux (*Physiologie expérimentale*). — MM. d'Arsonval, Marey, Bouchard, Chauveau, Ranvier.

Prix La Caze (Physiologie). — MM. Marey, d'Arsonval, Chauveau, Bouchard, Duclaux, Ranvier, Potain, Milne-Edwards.

Prix Montyon (Arts insalubres). — MM. Brouardel, Armand Gautier, Moissan, Schlœsing, Troost.

Prix Trémont. — MM. Joseph Bertrand, Berthelot, Cornu, Maurice Lévy, Sarrau.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Contribution à l'étude des chlorophylles animales. Chlorophylle du foie des Invertébrés.* Note de MM. **A. Dastre** et **N. Floresco.**

« On trouve habituellement dans le foie d'un grand nombre de mollusques, appartenant à tous les groupes (poulpe commun, huître, moule, pecten, escargot), un pigment qui a les apparences d'une chlorophylle végétale, et que nous avons appelé *hépatochlorophylle* ou *hépatoxanthophylle*. Ce même pigment chlorophylloïde aurait été constaté dans les glandes digestives des crustacés (Mac Munn).

» Il faut noter immédiatement que cette matière n'est pas le seul colorant du foie. Nous avons montré qu'elle est mélangée à deux autres substances, à deux autres pigments universels : le choléchrome et un pigment ferrugineux (ferrine ou hémochromogène). Si l'on fait l'extraction au moyen du chloroforme, en traitant le foie séché et pulvérisé par le dissolvant, on n'a plus affaire qu'à l'hépatochlorophylle et au choléchrome. La coloration varie, suivant la concentration, du jaune vert clair à l'orangé. La part de chacun des pigments, choléchrome et chlorophylloïde, est difficile à faire. L'examen spectroscopique seul les sépare : le choléchrome n'offre pas de bandes d'absorption; l'hépatochlorophylle présente, au contraire, des bandes très nettes. Le spectre d'absorption de cette dernière substance n'est donc pas modifié par l'existence de la première; on n'a pas besoin de chercher à l'isoler du choléchrome pour fixer ses caractères spectroscopiques; on peut opérer sur l'extrait chloroformique simplement.

» Ces caractères spectroscopiques sont tout à fait remarquables. C'est, pour un degré convenable de concentration, un spectre à quatre bandes : I. 670-646λ dans le rouge; II. 611 à 596 dans l'orangé; III. 548 à 530 au commencement du vert; IV. 524-507λ dans la partie vert bleu. L'ordre de clarté est : I, III, IV, II. L'ordre de constance n'est pas tout à fait le même; c'est I, III, II, IV; en d'autres termes, la bande IV est un peu

aberrante; elle manque quelquefois, alors que II existe. Mac Munn l'a rattachée à l'hémochromogène parce qu'il opérait en liqueur alcoolique; mais l'hémochromogène est insoluble dans le chloroforme et d'ailleurs la bande s'observe chez des animaux dont le foie (solution aqueuse) ne contient pas cette substance. On pourrait admettre qu'elle révèle l'existence d'un nouveau pigment mélangé à l'hépatochlorophylle; nous avons des raisons de croire qu'elle appartient à celui-ci ou plutôt à une modification assez générale qu'il éprouve dans le foie et qui se produit d'ailleurs en dehors de cet organe.

» A cette réserve près, on remarquera que les bandes d'absorption du pigment se confondent avec celles de la chlorophylle végétale, spécialement avec les bandes I, II, IV de la xanthophylle de Tschrich. La bande I de la xanthophylle hépathique 670-646λ se superpose à 670-635 de la xanthophylle végétale; II, 64-596 à 610-590; III, 548-530 couvre exactement la bande IV, végétale, 548-530. Mais c'est surtout l'existence, avec ses caractères si particuliers de la première bande fondamentale de Brewster, plus encore que cette exacte correspondance qui doit entraîner la conviction que la chlorophylle du foie est identique à une chlorophylle végétale : elle en diffère moins que celles-ci ne diffèrent entre elles.

» Le pigment hépatique étant une véritable chlorophylle, le problème qui se pose est celui de son origine. Il y a deux alternatives. La xanthophylle hépathique est une chlorophylle animale; elle est fabriquée par l'organisme avec ses propres ressources, ou bien, la chlorophylle hépatique est une substance extérieure à l'organisme, venue du dehors, d'importation étrangère, alimentaire, d'origine végétale, qui s'est simplement fixée dans le foie par suite de conditions favorables particulières.

» Dans un Travail particulier [1], nous avons montré que les deux alternatives sont également vraisemblables d'avance et même qu'elles s'accordent également bien avec un certain nombre d'expériences préliminaires. En faveur de l'origine animale, on peut invoquer : 1° le fait établi, par les études récentes sur l'étiolement, que ce n'est point la chlorophylle qui est caractéristique de la synthèse chlorophyllienne et, par conséquent, de la vie des végétaux verts, mais le petit organe intra-cellulaire nommé *chloroleucite;* 2° le fait qu'il y a chez les animaux des pigments, les pig-

---

[1] A. Dastre et N. Floresco. — *Recherches sur les matières colorantes du foie et de la bile et sur le fer hépatique.* Paris, G. Steinheil; 1899. — *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, t. I, p. 111; 15 janvier 1899.

ments biliaires que Berzélius (1832), Stokes (1863), et surtout A. Gautier (1873) ont montré être très analogues à la chlorophylle; 3° le fait, enfin, que la chlorophylle hépatique peut se constater chez l'escargot après la période hivernale, c'est-à-dire après un jeûne de cinq mois. En faveur de l'origine végétale, on peut invoquer : 1° la possibilité de pénétration dans le foie de la chlorophylle alimentaire, possibilité qui tient à ce que les canaux hépatiques des mollusques sont des diverticules du tube digestif très accessibles, par voie de reflux, au contenu de ce tube; 2° au fait bien connu de la conservation prolongée de la chlorophylle (au moins de ses caractères spectroscopiques), dans les circonstances les plus diverses (feuilles gelées et abandonnées pendant dix ans, macérations, infusions, terreau, résidu intestinal après plusieurs jours d'abstinence).

» Pour décider entre ces deux alternatives possibles, nous avons expérimenté sur l'escargot qui offre des facilités particulières. Dans toutes les circonstances naturelles (vie active, vie hibernante), dans toutes les variétés que nous avons examinées, nous avons trouvé chez cet animal le foie chargé de chlorophylle. Nous avons nourri des escargots au sortir de la période d'hibernation, et pendant tout un semestre, avec des aliments dépourvus de chlorophylles (navets exactement nettoyés et débarrassés de toute matière colorante, — papier à filtre imprégné de substances alimentaires incolores). Au bout de ce temps, c'est-à-dire après un an de privation d'aliments chlorophyllés, le foie de ces animaux, d'ailleurs en bonne santé apparente, n'a plus donné de chlorophylle, mais seulement du choléchrome. En rétablissant le régime chlorophyllé, le foie s'est bientôt rechargé de chlorophylle.

» Cette expérience décisive montre que la chlorophylle hépatique est d'origine alimentaire : c'est une chlorophylle végétale qui est absorbée et fixée d'une manière remarquable et persistante par la cellule hépatique. Cette conclusion est corroborée par les observations qui nous ont donné l'idée d'entreprendre cette expérience : c'est à savoir le caractère accidentel, quoique très répandu, du pigment chlorophyllien hépatique. En effet, l'extrait chloroformique du foie d'anodonte et des foies de crustacés signalés par Mac Munn comme riches en pigment chlorophyllien, s'est montré à nous comme tout à fait dépourvu de cette substance : le foie d'*arion rufus* nous a présenté le même cas. »

CORRESPONDANCE.

Le **Comité du Centenaire de Spallanzani** informe l'Académie qu'il se propose de publier, à l'occasion de ce Centenaire (30 avril 1899), un Volume contenant les hommages des diverses Académies à la mémoire de l'illustre physiologiste.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

ASTRONOMIE. — *Sur une ancienne pluie d'étoiles filantes*. Note de **M. D. Eginitis**, présentée par M. Lœwy.

« Les observations de pluies d'étoiles filantes, faites dans différentes époques éloignées, peuvent jeter une vive lumière sur beaucoup de points obscurs de la théorie générale des essaims météoriques. Il est donc très important pour l'Astronomie de recueillir et d'étudier toutes les descriptions des anciennes chutes d'averses de météores.

» Nous allons exposer ici et soumettre à un examen critique une pluie d'étoiles filantes, dont nous avons rencontré la mention chez Nicéphore, patriarche de Constantinople. Cet écrivain, faisant l'histoire du règne de l'empereur Constantin Copronyme, cite la chute d'une très riche averse météorique dans les termes suivants : « Toutes les étoiles paraissaient se » détacher du ciel et tomber sur la Terre.... [1] ».

» Si nous connaissions la date exacte de la chute de cette abondante pluie météorique qui, suivant l'écrivain, *a commencé le soir, vers la fin du crépuscule, et a duré toute la nuit*, nous pourrions en conclure avec certitude si elle appartient ou non à quelqu'un des essais connus. Mais malheureusement notre historien ne nous donne explicitement ni le jour, ni le mois, ni l'année même, où le phénomène eut lieu. Nous sommes donc obligés de recourir aux recherches historiques pour déterminer, avec une certaine probabilité, l'époque de cette manifestation.

» Et d'abord il est certain que cette pluie ne peut appartenir à aucun, excepté celui des Andromèides, des principaux essaims connus aujourd'hui; ni les Lyrides, ni les Perséides, ni les Orionides (d'octobre), ni les Léonides ne peuvent apparaître le soir, *à la nuit tombante*. Parmi les essaims, le seul qui puisse apparaître dès le commencement de la nuit,

---

[1] J.-P. Migne, *Patrologiæ cursus completus*, t. C, p. 974; 1860.

et, par conséquent, le seul qui ne doit pas, *a priori*, être exempté, c'est celui des Andromèides. Mais cette propriété seule ne donne pas, évidemment, lieu à croire que nous avons réellement affaire à une apparition de cet essaim. Nous allons donc examiner si, outre cette *possibilité*, il y a d'autres raisons aussi permettant de considérer comme probable que ladite averse appartient réellement aux Biélides.

» Suivant Nicéphore, cette pluie a eu lieu *un peu après la prise de la ville de Mélitène par l'empereur Constantin Copronyme*. Mais à cette époque, les campagnes ne se faisaient que pendant la belle saison; durant l'hiver on se reposait. D'ailleurs, d'après Nicéphore même, l'empereur avait marché contre les Sarrasins *immédiatement après* le couronnement de son fils Léon, lequel a eu lieu, suivant Théophane, le jour de Pentecôte, soit au mois de juin. On peut donc fixer comme époque du phénomène l'*automne*.

» Mais dans l'automne de quelle année l'averse en question fut-elle observée? D'après plusieurs historiens, l'année la plus probable de ces faits serait 752. En effet, Kédrinos écrit que l'empereur Constantin prit Mélitène la onzième année de son règne; mais celui-ci était monté sur le trône en 741; par conséquent, la ville de Mélitène fut prise en 752. La date de cette conquête a été aussi confirmée par Finlay. D'un autre côté, la mort du patriarche Anastase, laquelle, suivant Nicéphore, survint *quelque temps après la chute des étoiles filantes*, est arrivée, suivant Théophane, dans l'année 753. En outre, Kédrinos écrit que le patriarche Anastase est mort pendant la douzième année du règne de Constantin, soit en 753. De même Finlay accepte, comme année de la mort de ce patriarche, 753. Donc, de toutes ces données, il résulte que ce phénomène fut observé dans l'automne de 752.

» Outre la saison et l'heure du commencement de l'apparition du phénomène, l'année aussi est bien favorable à la supposition qu'il s'agit d'une pluie des Andromèides. En effet, si l'on tient compte que des averses des Biélides se sont montrées en 1852, 1872 et 1892, que l'intervalle de 20 ans, qui sépare ces apparitions, correspond exactement à trois périodes de la comète de Biéla et que l'espace de 752 à 1852 correspond exactement à 42 de ces périodes de 20 ans, on peut admettre comme plus que probable que nous avons affaire à une ancienne apparition, très riche, des Biélides. De plus, Théophane cite que sept ans avant la prise de Mélitène on a observé une grande comète. Kédrinos aussi écrit que pendant la quatrième année du règne de l'empereur Constantin, soit en 745, on a observé une comète. Mais la période de la comète de Biéla est égale, comme on sait, à 6,69 ans; il est, par conséquent, probable qu'il s'agit de deux apparitions succes-

sives, sous formes différentes, de la comète de Biéla. Si la conclusion précédente est juste, comme nous le croyons, il en résulte que le phénomène des Andromèides, dont on n'avait pas trouvé jusqu'ici des apparitions remontant à une époque antérieure à 1741, s'était déjà manifesté beaucoup avant. De même la fameuse comète de Biéla, dont la plus ancienne apparition connue ne remonte pas au delà de 1772, aurait été observée il y a plus d'un millier d'années; cependant, quant à cette dernière hypothèse, le calcul des perturbations déciderait définitivement si elle peut être exacte.

» Mais si, pour lesdites raisons, nous pensons que l'averse de 752 appartiendrait aux Biélides, nous n'en présumons pas aussi que, par suite de l'identité remarquable de la période des essaims, observés en 752, 1872 et 1892, ces essaims soient absolument identiques; au contraire, il y a plusieurs raisons qui semblent prouver que ces manifestations ne proviennent pas du même groupe de corpuscules.

» En effet, l'essaim de 752 devrait passer, depuis cette année, un grand nombre de fois au voisinage de Jupiter; il aurait ainsi subi des perturbations très sensibles, qui auraient modifié notablement son nœud et la durée de sa révolution et, par conséquent, changé de beaucoup, durant ce long intervalle de temps, la date de son apparition. On sait que déjà, dans l'espace de 20 ans seulement, de 1872 à 1892, il y a eu une avance de 4 jours, produite par l'action de Jupiter. D'ailleurs il est inadmissible que le même fragment de la comète de Biéla continue, pendant tant de siècles, à produire de grandes averses; dans ce cas il aurait été, depuis longtemps déjà, épuisé. En outre on doit accepter, avec M. Schulhof, que les fortes perturbations que l'essaim a subies de la Terre et de Jupiter, devraient le disséminer rapidement. Donc, les Biélides observées pendant les deux derniers siècles proviendraient d'autres fragments de la comète de Biéla, détachés d'elle, très probablement, beaucoup après la manifestation de 752.

» La comète de Biéla continuerait donc, depuis plus d'un millier d'années, à se décomposer d'une manière lente et, très probablement, suivant les idées émises par M. Schiaparelli, sur l'origine des courants météoriques. M. Schulhof, dans sa belle étude *sur les étoiles filantes* (*loc. cit.*, p. 418), après avoir soumis à un examen profond les faits présentés par les Biélides et la comète de Biéla, arrive à la conclusion suivante : « L'hypothèse de M. Brédikhine serait en défaut pour les Biélides, *si l'on constatait dans l'avenir de nouveaux grands essaims issus de la comète de Biéla*. Il serait, en effet, inadmissible d'attribuer de fortes émissions de matière aux divers fragments de la comète. Il nous semble que l'hypothèse de la désagréga-

tion lente de la comète suffit, malgré quelques difficultés de détail, pour expliquer les faits rapportés, *surtout si l'on recourt à la supposition légitime que la decomposition de la comète se poursuit déjà depuis des siècles.* » Cette supposition peut être, je crois, considérée comme bien fondée; de même, si l'on n'a pas encore aujourd'hui de nouveaux grands essaims, constatés après les derniers, on peut recourir aux anciens, pour soutenir les conclusions précédentes. On en est, par conséquent, conduit à accepter, avec M. Schulhof, que l'ingénieuse hypothèse de M. Brédikhine, qui est un *complément indispensable* de la théorie de M. Schiaparelli, ne peut pas s'appliquer aux Biélides, et que la théorie de M. Schiaparelli s'adapte bien à cet essaim. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Mesures comparatives d'intensité chimique pendant l'éclipse de Lune du 27 décembre* 1898. Note de M. **Th. Moreux**, présentée par M. A. Cornu.

« L'éclipse du 27 décembre dernier s'est passée, au centre de la France, dans des conditions très favorables à l'observation. J'ai pu prendre, à cette occasion, quelques photographies à la lunette de 108^{mm}, et réaliser quelques expériences photométriques qui n'ont pas, que je sache, été tentées jusqu'à ce jour.

» *Dispositions expérimentales.* — Le photomètre optique était fondé sur une méthode nouvelle, rappelant le photomètre Wheatstone, mais susceptible d'une plus grande précision. Je recevais la lumière de la Lune et celle d'une lampe assez faible sur un miroir périscopique d'un diamètre très petit. J'obtenais ainsi deux points lumineux, dont l'un pouvait varier d'intensité avec l'éloignement de la lampe. En faisant mouvoir cette dernière dans une direction voisine des rayons lunaires, les deux points se rapprochaient l'un de l'autre à une distance convenable. Les lumières étant de couleurs différentes, l'éclairage de la lampe fut tamisé par un verre bleu et les deux points lumineux furent examinés à l'aide d'une lunette située à plusieurs mètres de distance. Le défaut de mise au point produisait, dans ces conditions (comme pour une étoile), des anneaux de diffraction offrant l'aspect de deux plages lumineuses circulaires dont on pouvait très facilement apprécier l'égalité d'éclat.

» J'ai ainsi pu obtenir la loi de variation de l'intensité lumineuse en fonction du temps.

» En même temps une plaque photographique qu'on découvrait par bandes tous les quarts d'heure était impressionnée pendant sept minutes à la lumière de la Lune, durée déterminée par l'expérience des nuits précédentes.

» J'obtins au développement des différences de teintes assez marquées pour être facilement classées par les procédés photométriques ordinaires. Ces nouveaux nombres m'ont servi à construire la courbe des intensités chimiques. Voici les résultats des deux séries d'observations.

Intensités lumineuses réelles. — Mesures photométriques.

Heures = x.	Nombre de cent. au photom. = d.	d^2.	$\frac{1}{d^2}$.	Valeurs de y.
9h.35m	48	2304	0,0004340	217,0
9.50	49	2401	0,0004164	208,2
10. 0	52	2704	0,0003698	184,9
10.12	93	8649	0,0001156	57,8
10.22	145	21025	0,0000475	23,2
10.32	198	39204	0,0000255	12,7
10.42	261	68121	0,0000146	7,3

Intensités chimiques.

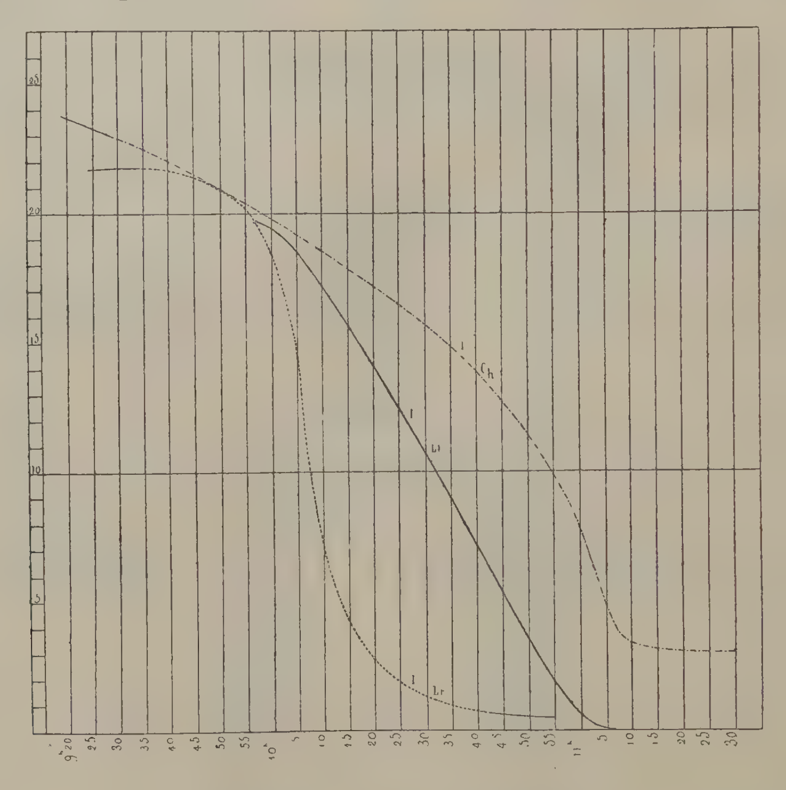
Heures = x.	Intensité de la couche sensibilisée.	Valeurs de y.	Observations.
9h.30m	47089	228,42	Chaque fois la plaque sensible a été exposée pendant sept minutes.
9.45	44100	213,84	
10. 0	40401	196,34	
10.15	36884	177,84	
10.30	32400	157,46	
10.45	26244	127,33	
11. 0	16384	79,70	
11.12	7230	34,99	

Intensités lumineuses théoriques.

Heures = x.	Surfaces éclairées.	Valeurs de y.	Observations.
9h.57m	La surface du disque étant 1	196,26	Entrée dans l'ombre.
10. 2	0,97552	191,26	
10. 7	0,91589	179,57	
10.12	0,84889	166,43	
10.17	0,77184	151,32	
10.22	0,69278	135,82	
10.27	0,60300	118,22	
10.32	0,51590	101,14	
10.37	0,43349	84,99	
10.42	0,87257	64,49	
10.47	0,23785	46,63	
10.52	0,14941	29,29	
10.57	0,08375	16,42	
11. 2	0,01608	3,15	
11. 7	0,00000	0,00	Commencement de l'éclipse totale.

» Après les Tableaux des intensités lumineuse et chimique, j'ai calculé celui qui donne l'intensité lumineuse théorique, depuis l'entrée dans l'ombre jusqu'à la totalité de l'éclipse, c'est-à-dire de $9^h 57^m$ à $10^h 7^m$.

» *Comparaison des résultats.* — On voit immédiatement qu'aucune de ces trois courbes ne coïncide. Ce résultat, qui n'a rien d'extraordinaire pour la courbe d'intensité chimique, est assez étonnant pour la courbe d'intensité lumineuse réelle. La seule raison qu'on puisse donner de leur divergence, c'est que l'ombre de la Terre, en couvrant la Lune, *traversait des régions d'inégal éclairement.*



» Quant à la courbe de l'intensité chimique qui n'affecte pas cette même forme, son allure montre nettement que, malgré sa teinte rougeâtre, la partie éclipsée contient encore des rayons agissant sur la plaque photographique.

» Enfin, l'allure de la courbe de l'intensité lumineuse réelle montre que la lumière a commencé à décroître peu avant l'entrée du disque lunaire dans l'ombre, tandis que celle de l'intensité chimique était en décroissance

depuis longtemps, sans doute depuis l'entrée dans la pénombre. La diminution d'éclat occasionnée par l'entrée dans la pénombre est si faible que nos yeux ne peuvent l'apercevoir; au contraire, la plaque photographique exposée pendant un certain temps totalise la somme des impressions reçues à chaque instant. Ainsi dans la dernière éclipse l'entrée dans la pénombre n'a été sensible à l'œil qu'à $9^h 30^m$ (au lieu de $8^h 42^m$), tandis que les mesures d'intensité chimique et les photographies directes montrent que la pénombre avait une réelle action sur la plaque.

» Il résulte des mesures précises prises à la lunette que la pénombre visible n'avait pas une largeur de plus de $22°\frac{1}{6}$ (comptés sur le globe lunaire) alors que, d'après les calculs astronomiques, la pénombre s'étendait en réalité, dans la dernière éclipse, sur une largeur plus grande que le disque lunaire tout entier.

» Le ciel, qui s'est brusquement couvert à $11^h 35^m$, ne m'a pas permis de prendre des mesures pour juger de la symétrie des courbes pendant la seconde phase de l'éclipse. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de puissances toujours divergentes.* Note de M. S. Pincherle, présentée par M. Picard.

« Tandis que l'Analyse classique rejetait, comme ne présentant aucun sens, les séries de puissances entières et positives d'une variable x dont le cercle de convergence est réduit au point $x = 0$, les géomètres modernes se sont efforcés de donner, à des points de vue divers, droit de cité dans l'Analyse aux séries divergentes. Il suffit de rappeler la théorie des séries asymptotiques de M. Poincaré ou le concept de séries sommables de M. Borel, pour se convaincre que ces efforts ont été déjà couronnés de succès.

» Un moyen pour étudier les séries de puissances toujours divergentes pourrait consister à en faire la projection, pour ainsi dire, au moyen d'une opération distributive ([1]). C'est ainsi qu'une opération E, définie par

([1]) Le mot de *projection* n'est pas employé au hasard. En effet, les opérations distributives fonctionnelles sont les homographies d'un espace dont les fonctions analytiques sont les points. Si l'on considère la constante O comme l'origine de cet espace, les fonctions ax^n, $bx^m + cx^p$, ... sont, pour les diverses valeurs des constantes a, b, c, ..., respectivement une droite, un plan, etc., contenant l'origine. L'opération E de M. Borel laisse cette droite, ce plan, etc. invariables, comme le ferait une projection ayant pour centre l'origine.

$E(x^n) = \frac{x^n}{n!}$, et que M. Borel a employée récemment avec succès dans ses belles recherches sur les séries de Taylor, projette la série $\Sigma n!x^n$ en Σx^n. Par ces projections, les propriétés de nature linéaire d'une fonction sont conservées.

» Un autre moyen pourrait être celui que je me propose d'esquisser dans cette Note. Soit $A(\varphi)$ une opération distributive appliquée à une fonction analytique arbitraire $\varphi(x)$; cette opération jouit en outre de la propriété d'être permutable avec la dérivation, que je désigne par le symbole usuel D. On trouve alors sans peine que $A(e^{xz}) = e^{xz}f(z)$, où $f(z)$ est une fonction de z seulement. On trouve facilement qu'en général, si A' est la *dérivée fonctionnelle* [1] de A, on a encore

$$A'(e^{xz}) = e^{xz}\frac{df(z)}{dz};$$

si A'' est la dérivée fonctionnelle seconde, on a de même

$$A''(e^{xz}) = e^{xz}\frac{d^2f(z)}{dz^2},$$

et ainsi de suite. Il suit de là et des propriétés admises pour A, que si cette opération satisfait à une équation symbolique

$$(1) \qquad \Sigma_{p,q}\, a_{p,q} D^p A^{(q)}(\varphi) = 0,$$

la fonction $f(z)$ sera une intégrale de l'équation différentielle linéaire

$$(2) \qquad \Sigma_{p,q}\, a_{p,q} z^p \frac{d^q f(z)}{dz^q} = 0.$$

» Intégrons maintenant cette équation par une série de puissances, et soit

$$(3) \qquad f(z) = \Sigma k_n z^n$$

la série que l'on obtient. Puisque la méthode des coefficients indéterminés s'applique aux séries ordonnées suivant les puissances du symbole D [2],

---

[1] J'entends par *dérivée fonctionnelle* de $A(\varphi)$ l'opération

$$A'(\varphi) = A(x\varphi) - xA(\varphi).$$

Pour ses propriétés, voir mon *Mémoire sur le calcul distributif* (*Math. Ann.*, Bd. XLIX).

[2] Mémoire cité, § 77.

et que le Tableau des calculs est le même, on aura pour l'opération A le développement

$$(4) \qquad A(\varphi) = \Sigma k_n D^n \varphi,$$

où les coefficients sont les mêmes que dans la série (3).

» Or, une série de la forme (4) admet toujours un *champ fonctionnel de convergence*. J'entends par là qu'il existe toujours un ensemble de fonctions qui, substituées à $\varphi(x)$ dans cette série, la rendent absolument et uniformément convergente dans un domaine du point $x = 0$. Il suffit, en effet, de déterminer une suite de nombres positifs et décroissants m_n tels que la série $\Sigma |k_n| m_n$ soit convergente; toute fonction

$$\varphi(x) = \Sigma g_n x^n,$$

où l'on a

$$|g_n| < \frac{m_n}{n!},$$

appartient au champ de convergence de la série (4). Ajoutons que toutes les séries de puissances de D, à coefficients constants, représentent des opérations permutables avec la dérivation.

» Revenons maintenant à l'équation (2). La série (3), qui y satisfait formellement, peut être toujours divergente. C'est ce qui arrive, par exemple, si l'équation (2) appartient au type cité par M. Picard à la page 279 du tome III de son *Traité d'Analyse*. Au contraire, comme on l'a vu, la série (4) admet toujours un champ de convergence. On peut donc, sur cette série, exécuter des opérations qui ont un sens et la transformer en d'autres expressions qui représentent la même opération, mais sous une forme dont le champ de validité peut être plus étendu. Par exemple, on peut mettre la série (4) sous forme d'une série de puissances d'une expression différentielle linéaire [1] ou sous forme d'intégrale définie.

» De ce que la série (3) est toujours divergente, on conclut que e^{zx} n'appartient pas au champ de convergence de la série (4); mais cette fonction pourra appartenir au champ de validité d'une des expressions que l'on a déduites de (4). Dans ce cas, $A(e^{zx})$ nous donnera une intégrale de l'équation (2), mais non sous forme de série (3); de même que $\frac{1}{x-1}$ a un sens pour $x = 2$, mais non pas si l'on prend $\frac{1}{x-1}$ sous forme de série de puissances de x.

(1) Mémoire cité, §§ 63, 109.

» Il y aurait naturellement à insister ici sur plusieurs points; mais ce qu'il importe de noter, c'est que les calculs, qui n'ont pas de sens lorsqu'on les exécute sur une série sans cercle de convergence $\Sigma k_n x^n$, se trouvent légitimés dès qu'on les exécute, d'une façon absolument parallèle, sur la série $\Sigma k_n \mathrm{D}_\varphi^n$, pour des fonctions φ appartenant à son champ de convergence lequel, comme on l'a dit, existe toujours. Remarquons encore que si l'on définit une opération par une équation (1), on peut trouver non seulement une branche de cette opération représentée par une série (4) à coefficients constants et, par suite, permutable avec la dérivation, mais on peut aussi intégrer l'équation (1) par une série de la forme $\Sigma \alpha_n(x)\,\mathrm{D}_\varphi^n$, où les coefficients $\alpha_n(x)$ sont des fonctions de x qu'on détermine au moyen d'une équation récurrente linéaire, de celles que les anciens analystes appelaient *aux différences mêlées*. Il est clair que les nouvelles branches de l'opération A, que l'on obtient ainsi, ne jouissent plus de la propriété d'être permutables avec le symbole D, et ne donnent plus, par conséquent, des intégrales de l'équation (1). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales algébriques de l'équation de Riccati.* Note de M. **Léon Autonne**, présentée par M. Jordan.

« Prenons une équation de Riccati U

$$\frac{du}{dt} = \mathrm{A}_0(t) + u\mathrm{A}_1(t) + u^2\mathrm{A}_2(t),$$

et une équation algébrique h_n, à discriminant $\neq 0$,

$$f(u) = \sum_{r=0}^{r=n} \frac{n!}{r!(n-r)!} u^r a_{n-r}(t) = 0;$$

laquelle a toutes ses racines $u_0, u_1, \ldots, u_{n-1}$ intégrales de U. Cela arrivera notamment lorsque, les A et les a étant rationnels en t, h_n devient une équation irréductible H_n, dont *une* racine est intégrale de U. Pour la définition de l'irréductibilité, on envisagera comme rationnelles, outre la variable t, toutes les constantes. Dans une Communication déjà ancienne (7 mai 1883), j'ai indiqué quelques propriétés des équations H_n.

» Des recherches plus récentes m'ont conduit à la solution du problème plus général relatif aux équations h_n, que je nomme aussi *équations anharmoniques,* parce que le rapport anharmonique de quatre racines est constant.

» Théorème I. — *Pour qu'une équation h_n soit anharmonique, il faut et il suffit que le polynome $f(u)$ en u soit équivalent (transformable par substitution linéaire fractionnaire effectuée sur u) à un polynome* $F(u)$ *à coefficients indépendants de t, c'est-à-dire constants.*

» Théorème II. — *Pour assurer l'équivalence, il faut et il suffit que $n-3$ invariants absolus de $f(u)$ soient des constantes.*

» Que la condition soit nécessaire, cela est évident. Il faut plus de précautions pour établir la suffisance. En effet, l'égalité des invariants absolus n'assure pas toujours l'équivalence de deux polynomes. On doit montrer que l'on ne se trouve pas dans le cas d'exception signalé par Aronhold (*Journal de Borchardt*, t. 62 et 69), Gram (*Mathematische Annalen*, t. VII), Christoffel (*Math. Ann.*, t. XIX). Les invariants absolus qui interviennent sont ceux de Christoffel. Ils coïncident, à n'en pas douter, au fond avec ceux que fournissent les méthodes ordinaires (théorie des formes, notation symbolique, etc.), mais les formules de rattachement n'ont pas encore été trouvées, pour n quelconque, au moins à ma connaissance.

» h_n étant anharmonique, on mettra la dérivée de la fonction algébrique u des coefficients a sous la forme connue

$$\frac{du}{dt} = \sum_{r=0}^{r=n-1} u^r A_{n-r}(t);$$

les $n-3$ égalités $0 = A_{n-1} = A_{n-2} = \ldots = A_3$ exprimeront la constance des invariants absolus et U se trouvera construite. Par exemple, pour $n=4$

$$-A_3 = \frac{ij}{R}\frac{d\Omega}{\Omega\, dt},$$

où i, j, R, Ω désignent respectivement les deux invariants

$$i = 2(a_0 a_4 - 4a_1 a_3 + 3a_2^2),$$
$$j = 6(a_0 a_2 a_4 + 2a_1 a_2 a_3 - a_2^3 - a_0 a_3^2 - a_1^2 a_4),$$

le discriminant $R = i^3 - 6j^2$, et l'invariant absolu Ω de h_4.

» Envisageons u et t comme des coordonnées; nommons ω le point à l'infini sur l'axe des u. L'équation H_n représentera une courbe algébrique indécomposable C, de degré $m_\omega + n$. Toute sécante D_t, issue de ω, coupe C en m_ω points confondus avec ω et n autres points x, formant un groupe X_n. Le rapport anharmonique K de quatre points de X_n est constant, tandis que ces points sont eux-mêmes mobiles avec t.

» Soit t_0 une racine du discriminant; D_{t_0} touche C ou joint ω à un point multiple de C. Tout cela posé, il vient les deux propositions suivantes :

» I. *Sur* D_{t_0} *le groupe* X_n *ne peut comporter que deux constitutions :*

» 1° *Un point* $(n-1)^{uple}$ *et un point simple;*

» 2° *Un point* n^{uple}.

» II. *Dans le premier cas, si l'on développe en série, suivant les puissances de* $t - t_0$, *les* $\frac{n(n-1)}{2}$ *différences deux à deux des racines, tous les développements débuteront par une même puissance de* $t - t_0$.

» Dans le second cas, il existera des sujétions de même nature, mais plus compliquées.

» Pour obtenir h_n, il n'est pas nécessaire de calculer les $n-3$ invariants absolus, ce qui serait malaisé, d'un polynome de degré n. *Une méthode de recurrence permet de remonter de* h_{n-1} *à* h_n, ...

» La construction effective des H_n (équations h_n à coefficients rationnels en t et irréductibles) ne présente pas de difficulté sérieuse pour n pas trop élevé, par exemple $n = 4$ ou 5.

» Pour H_4, on rencontre d'abord les équations équianharmoniques, $i = 0$, et harmoniques, $j = 0$, lesquelles sont bien connues. Le dernier type de H_4 est

$$(u^2+q)^2 - p(2u-r)^2 = 0,$$

$p, q, r =$ rationnels en t, avec la condition

$$pr^2 = (p-q)^2 - \left(\frac{K-1}{K+1}\right)^2 (p+q)^2.$$

H_4 est abélienne et a ses racines rationnelles par rapport à une quelconque d'entre elles.

» H_5 s'obtient en éliminant m entre les deux équations

$$uL + M = \frac{m-2}{m^2-3m+1}, \qquad T = m(m^2-5m+5)^2,$$

L, M, T = rationnels en t; $K = \theta + \theta^4$, θ étant une racine cinquième primitive de l'unité.

» Le groupe de H_5 a pour ordre dix et provient des substitutions

$$(01234) \quad \text{et} \quad (0)(14)(23).$$

H_5 est une équation de Galois. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la voûte élastique.* Note de M. **Georges Poisson.**

« Yvon Villarceau a donné en 1854, dans son Ouvrage : *Sur l'établissement des arches de pont,* une théorie des voûtes fondée sur l'étude de l'arc linéaire soumis à une charge d'eau, désigné quelquefois sous le nom *d'arc hydrostatique.* Cette théorie n'a pas eu d'applications pratiques, soit parce qu'elle exige l'emploi des fonctions elliptiques, soit parce qu'elle comporte encore trop d'hypothèses douteuses.

» La présente Note a pour objet l'étude d'un cas particulier de l'arc hydrostatique, dont l'application au calcul des voûtes peut se faire sans hypothèse, en tenant compte seulement des lois générales de l'élasticité.

» Je considère dans le plan un arc linéaire infiniment flexible, ayant un poids fini et uniforme, égal à d par mètre courant. Il est soumis à une charge liquide de densité D. Soient P la compression longitudinale de l'arc, P_1 la pression normale, h la hauteur du niveau de la charge liquide.

» On a pour l'équilibre de l'arc les équations

$$\frac{dP}{ds} = -d\sin\alpha, \qquad \frac{d(P\cos\alpha)}{ds} = D(h-y).$$

La première donne, en choisissant convenablement l'axe des x,

$$P = -dy.$$

La deuxième donne

$$P\cos\alpha = D\left(hy - \frac{y^2}{2} + c\right);$$

d'où

$$\cos\alpha = \frac{D}{dy}\left(\frac{y^2}{2} - hy - c\right).$$

L'intégration générale de cette équation exige l'emploi des fonctions elliptiques; mais je considère seulement le cas où c est nul : l'intégration se simplifie et donne

$$(x-\iota)^2 + (y-2h)^2 = \left(\frac{2d}{D}\right)^2.$$

C'est l'équation d'un cercle. En le rapportant à son centre, et en changeant le signe de h qui est arbitraire, on obtient

$$P = d(2h-y), \qquad P_1 = D(h-y).$$

» Prenons maintenant un arc circulaire réel, d'épaisseur finie et uniforme. Divisons sa section en filets circulaires concentriques d'épaisseur infiniment petite. Chacun de ces filets peut être assimilé à l'arc linéaire défini ci-dessus, et sera par suite en équilibre si les pressions qui s'exercent sur chacune de ses faces sont analogues à des pressions hydrostatiques. Les constantes D et h peuvent varier avec les filets, mais d est égal à la densité des matériaux de la voûte. Cherchons les conditions pour que l'ensemble de ces filets constitue bien un corps élastique continue.

» En chaque point de ce corps, il s'exerce deux pressions principales, P et P_1, dont l'expression est

$$P = a - dy, \qquad P_1 = a_1 - by,$$

a, a_1 et b étant fonctions du rayon r.

» Les premières parties de ces pressions, a et a_1, sont assimilables aux efforts qui s'exercent dans un anneau cylindrique soumis extérieurement et intérieurement à des pressions normales uniformes. On sait que l'on doit avoir pour l'équilibre, la pression étant nulle sur la surface de rayon r_0, et égale à Dh sur celle de rayon r_1,

$$a = \frac{Dhr_1^2}{r_1^2 - r_0^2} + \frac{Dhr_1^2 r_0^2}{r_1^2 - r_0^2}\frac{1}{r^2},$$
$$a_1 = \frac{Dhr_1^2}{r_1^2 - r_0^2} - \frac{Dhr_1^2 r_0^2}{r_1^2 - r_0^2}\frac{1}{r^2}.$$

» Considérons maintenant les secondes parties des forces P et P_1 ; en les décomposant suivant les axes de coordonnées, on obtient

$$t_{xx} = -d\frac{y^3}{r^2} - b\frac{yx^2}{r^2},$$
$$t_{yy} = -d\frac{yx^2}{r^2} - b\frac{y^3}{r^2},$$
$$t_{xy} = (d-b)\frac{xy^2}{r^2}.$$

Ces trois composantes doivent satisfaire aux équations

$$\frac{dt_{xx}}{dx} + \frac{dt_{xy}}{dy} = 0, \qquad \frac{dt_{xy}}{dx} + \frac{dt_{yy}}{dy} + a = 0.$$

En faisant la substitution, ces équations se réduisent à une seule

$$\frac{2(b-d)}{r} + \frac{db}{dr} = 0,$$

d'où l'on tire

$$b = d + \frac{c''}{r^2}$$

et avec les conditions aux limites

$$b = d\left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right), \qquad r_1 = r_0\sqrt{\frac{d}{D-d}}.$$

On a en définitive

$$P = d(h-y) + dh\frac{r_0^2}{r^2}, \qquad P_1 = d\left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right)(h-y).$$

La somme de ces deux pressions est

$$P + P_1 = 2d(h-y) + dr_0^2\frac{y}{r^2}.$$

Elle satisfait à la condition $\Delta_2 = 0$, nécessaire dans les corps élastiques.

» L'épaisseur d'une voûte ainsi constituée est proportionnelle à l'ouverture, ce qui ne concorde pas avec les formules usuelles pour la détermination de l'épaisseur d'une voûte à la clef. Avec des matériaux d'une densité de 2,25, l'épaisseur serait le sixième de l'ouverture, ce qui n'est admissible que pour des voûtes de $2^{m},50$ d'ouverture environ.

» Le présent calcul ne donne donc qu'une solution particulière du problème de la voûte élastique. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la propagation d'un allongement graduel dans un fil élastique*. Note de M. L. de la Rive, présentée par M. Poincaré.

« Lorsque la tranche terminale d'un fil élastique, dont l'autre extrémité est fixe, est assujettie à se mouvoir suivant la direction de l'axe du fil avec une vitesse constante, il y a lieu de chercher comment l'allongement se propage.

» Cette question n'a pas, sauf erreur, fait l'objet de recherches théoriques ou expérimentales. Poisson, dans son Mémoire *Sur le mouvement des fluides dans les tuyaux cylindriques*, a indiqué, dans le cas d'une longueur infinie, que l'on pouvait substituer un mouvement progressif au mouvement oscillatoire. Saint-Venant a traité le cas d'une tige recevant un choc et M. Boussinesq a donné la solution du choc longitudinal de deux barres;

mais ce problème, plus complexe que celui que j'ai mentionné, en diffère notablement.

» Soient l la longueur du fil, x la distance d'un point à l'extrémité fixe, u l'allongement correspondant à x au temps t. Prenons

$$(1)\quad \begin{cases} u = \mathrm{A}xt + \dfrac{\mathrm{A}l^2}{\pi^2 a}\Big[\cos\pi\dfrac{(x+at)}{l} - \dfrac{1}{2^2}\cos 2\pi\dfrac{(x+at)}{l} + \ldots \\ \qquad - \cos\pi\dfrac{(x-at)}{l} + \dfrac{1}{2^2}\cos 2\pi\dfrac{(x-at)}{l} - \ldots\Big], \end{cases}$$

où A est une constante et a la vitesse de propagation du son.

» Cette expression satisfait à l'équation $\dfrac{d^2u}{dt^2} = a^2\dfrac{d^2u}{dx^2}$ et aux conditions suivantes : pour $t = 0$, $u = 0$ quel que soit x, et $\dfrac{du}{dt} = 0$ quel que soit x, sauf pour $x = l$ avec $\dfrac{du}{dt} = \mathrm{A}l$, pour $x = 0$, $u = 0$ quel que soit t et, pour $x = l$, $\dfrac{du}{dt} = \mathrm{A}l$ quel que soit t. C'est donc une solution.

» Remarquons que les deux séries, la seconde prise positivement et abstraction faite de A et a et divisées par 4, ont les valeurs suivantes : lorsque la variable que je désigne par z est comprise entre $-l$ et $+l$, $\dfrac{l^2}{3} - z^2$, lorsque z est compris entre l et $3l$, $\dfrac{l^2}{3} - (z-2l)^2$. Faisons varier t entre 0 et $\dfrac{2l}{a}$.

» 1° $t < \dfrac{l-x}{a}$. Pour les deux séries, z est compris entre $-l$ et $+l$, d'où résulte $u = 0$.

» 2° $\dfrac{l-x}{a} < t < \dfrac{l+x}{a}$. Pour la première série, z est compris entre l et $3l$ et, pour la seconde en valeur absolue, entre 0 et l, ce qui donne

$$(2)\qquad u = \mathrm{A}l\left[t - \left(\frac{l-x}{a}\right)\right].$$

» 3° $\dfrac{l+x}{a} < t < \dfrac{2l}{a}$. Pour les deux séries, z est compris entre l et $3l$, et $u = \dfrac{2\mathrm{A}lx}{a} = \text{const.}$

» On voit que l'allongement n'a lieu qu'entre l'instant où une perturbation partie de l'extrémité allongée au temps 0 y parvient et celui où, réfléchie à l'extrémité fixe, elle y repasse. Pendant cette durée efficace, la vitesse d'allongement est constante et égale à l'extrémité, comme le

montre (2). Pour une valeur quelconque de t, faisons $t = \frac{2kl}{a} + t'$, k étant un nombre entier. Cette valeur portée dans (1) montre que le mouvement est périodique et que la durée de la période est $\frac{2l}{a}$. On voit par (2) que la tension augmente d'une manière discontinue de $\frac{Al}{a}$ au commencement et à la fin de la période efficace.

» J'ai vérifié ces résultats sur un ressort en hélice dont l'axe est assimilé à un fil élastique et qui en offre toutes les propriétés avec un coefficient très faible.

» L'hélice formée d'un fil de laiton dur de $0^{mm},5$ de diamètre enroulé en spires de $6^{mm},5$ de diamètre dans un plan sensiblement normal à l'axe est longue de 8^{m}. Elle est suspendue verticalement; l'extrémité supérieure est fixe et l'inférieure est tirée par un fil souple qui s'enroule sur un cylindre tournant. La circonférence du cylindre est de $19^{cm},5$ et la durée d'un tour quarante-cinq secondes. En observant le mouvement d'une spire passant devant une règle graduée, j'ai constaté que le mouvement est périodique, que la vitesse paraît devenir nulle à chaque période et que la durée de celle-ci est celle de la propagation d'une perturbation avec réflexion.

» Je viens, tout récemment, de rendre ces observations plus concluantes, en projetant l'image agrandie de l'hélice sur une bande de papier quadrillée au centimètre et ayant un mouvement de translation horizontal. Un index de papier collé à la spire paraît décrire sur le papier une courbe qui exprime les circonstances du mouvement. La courbe théorique consiste en une droite horizontale correspondant à la période non efficace et en une droite plus ou moins inclinée suivant le rapport des deux vitesses. En traçant d'avance ces courbes j'ai constaté que l'index les suit, sauf que l'angle des deux droites est atténué par une courbe de raccordement. Les points observés sont :

» *a*. A une distance de $1^{m},42$ de l'extrémité fixe. La *fig.* 1 montre la courbe théorique

Fig. 1.

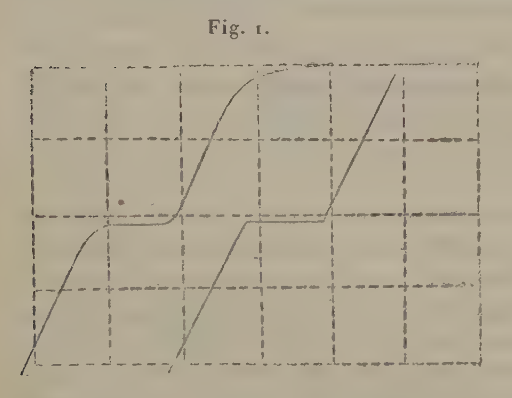
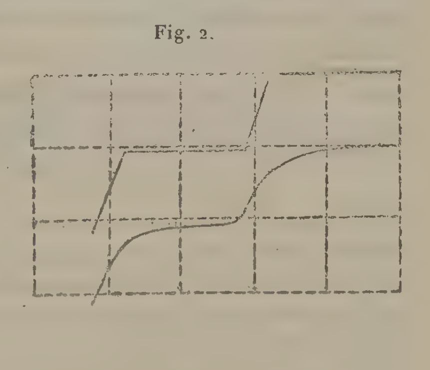


Fig. 2.



et celle observée. Elles indiquent un mouvement ascendant parce que l'image est renversée. Le mouvement horizontal du papier est de 2^{cm} pendant la période qui est $1^{s},6$. Pour ce point le rapport $\frac{x}{l}$ donne $0^{cm},2$ pour la période efficace et, par conséquent,

$1^{cm},8$ pour la droite horizontale. Le grossissement est 10, ce qui donne pour l'allongement total $1^{cm},1$.

» *b*. A une distance de $4^m,49$. La *fig*. 2 démontre la courbe théorique et la courbe observée. Le grossissement est 6, ce qui donne pour l'allongement périodique calculé $2^{cm},2$, et les périodes efficaces et non efficaces sont $1^{cm},1$ et $1^{cm},0$.

» *c*. L'extrémité conduite par le fil qui opère la traction se meut uniformément. »

MAGNÉTISME. — *L'influence du magnétisme sur la conductibilite calorifique du fer*. Note de M. **Désiré Korda**.

« En examinant la théorie de l'effet du champ magnétique sur les réactions chimiques des solutions de sels de fer, l'idée m'est venue de rechercher si le champ magnétique n'influe pas également sur la conductibilité calorifique des corps ferromagnétiques. Les expériences que j'ai entreprises à cet effet, avec des disques et barreaux en fer doux, ont confirmé mon raisonnement et m'ont conduit aux résultats suivants :

» *La conductibilité calorifique du fer doux éprouve une diminution dans la direction des lignes de forces magnétiques; elle reste, par contre, sans changement dans la direction des lignes équipotentielles, indépendamment du sens de la force magnétisante.*

» Ce dernier résultat semble indiquer que l'affaiblissement de la conductibilité thermique dépend d'une puissance paire de la force magnétisante. La formule, à laquelle je suis arrivé par des considérations théoriques, montre qu'il s'agit de la deuxième puissance.

» Mes résultats établissent une certaine analogie entre les propriétés des corps ferromagnétiques et celles des cristaux uniaxes dont les coefficients de dilatation et de conductibilité thermique diffèrent suivant l'axe ou une direction oblique à l'axe.

» J'ai essayé d'abord un disque en fer doux, de $0^{mm},35$ d'épaisseur et de 320^{mm} de diamètre, pourvu d'un tube concentrique de 90^{mm}, soudé sur le disque et destiné à servir de source de chaleur, comme récipient d'eau ou d'huile bouillante. Ce disque, enduit au préalable d'une légère couche de paraffine, fut placé sur les pôles (de forme ronde, de 72^{mm} de diamètre) d'un fort électro-aimant vertical de Faraday, dont on a eu soin de bien le séparer, afin d'éviter des pertes de chaleur. En versant le liquide sans exciter l'aimant, la chaleur s'est répandue uniformément dans le disque et a provoqué la fusion de la paraffine suivant des cercles bien concentriques. Par contre, en répétant l'expérience, cette fois avec le champ magnétique, la forme de la plage en fusion s'est déformée et a présenté une figure elliptique, dont le petit axe (165^{mm}) se trouvait dans la direction de l'axe magnétique, et dont le grand axe (200^{mm}) ne différait

pas sensiblement du diamètre du cercle formant le contour de la paraffine fondue dans l'expérience précédente. En opérant sur des disques plus petits (80^{mm}), j'ai pu obtenir des plages qui se déformaient et prenaient la forme de lemniscates dont le petit axe coïncidait toujours avec l'axe magnétique.

» Dans une autre série d'expériences, je me suis servi de fils de fer de 7^{mm}, d'une longueur de 115^{mm}, entourés d'une bobine de $2^{ohms},77$ à 1250 spires. Leurs bouts portaient une pince thermo-électrique ou bien des spires de fils de platine formant thermomètre à pont Wheatstone. Avec un courant d'excitation de $0^{amp},1$ ($B = 12\,000$ C.G.S.) l'erreur due à l'échauffement de la bobine fut insignifiante. Pour être de même à l'abri d'erreurs dues à la source de chaleur, j'employais une méthode rappelant celles à zéro. A cet effet, j'ai comparé deux barreaux identiques formant les deux branches opposées d'une croix en cuivre qui servait à transmettre la chaleur d'un bec Bunsen.

» Le galvanomètre du pont, destiné à comparer les températures des extrémités de ces barreaux, a mis $18^m 15^s$ pour atteindre deux divisions, quand aucun des barreaux n'a été aimanté, et sensiblement autant, quand tous les deux ont été aimantés. Par contre, en aimantant le barreau droit seul, il fallait 22^m, la chaleur s'étant propagée plus lentement dans le fer aimanté. Enfin, en aimantant le barreau gauche seul, il fallait $15^m 30^s$, ce qui montrait que, par la dissymétrie initiale, la partie droite possédait une prépondérance [1].

» Quant à la théorie de ces phénomènes, rappelons que suivant Maxwell (*Él. et Magn.*, § 642) les composantes des efforts dus au champ H en chaque point d'une sphère à induction $B = \mu H$ sont les suivantes

$$P_x = \frac{BH}{4\pi} - \frac{H^2}{8\pi}, \qquad P_y = P_z = -\frac{H^2}{8\pi}, \tag{1}$$

x étant la direction du champ, soit une pression hydrostatique uniforme, combinée avec une tension dans la direction du champ magnétique. Pour un disque, on a $P_z = 0$; pour un barreau, $P_y = P_z = 0$.

» Combinons (1) avec les théorèmes de l'équivalence et de Carnot. Communiquons la chaleur dQ au barreau aimanté

$$dQ = c\,d\theta + q\,dx, \tag{2}$$

c étant la chaleur spécifique à longueur x constante et q la chaleur latente à température θ constante. Le travail extérieur étant

$$d\mathfrak{G} = P_x\,dx = \left(\frac{\mu}{4\pi} - \frac{1}{8\pi}\right) H^2\,dx, \tag{3}$$

---

[1] Je tiens à remercier ici M. Rhoné pour son concours lors de l'exécution de ces expériences.

$dU = d\mathfrak{E} - A\,dQ$ ne sera un différentiel exact que si l'on a

$$(4)\qquad A\left(\frac{\partial q}{\partial \theta} - \frac{\partial c}{\partial x}\right) = \frac{H^2}{4\pi}\frac{\partial \mu}{\partial \theta};$$

de même, pour $\frac{dQ}{\theta} = \frac{c}{\theta}d\theta + \frac{q}{\theta}dx$, il faut qu'on ait

$$(5)\qquad \frac{q}{\theta} = \frac{\partial q}{\partial \theta} - \frac{\partial c}{\partial x}.$$

» On déduit, enfin, de (4) et (5),

$$(6)\qquad q = \frac{H^2\theta}{4\pi A}\frac{\partial \mu}{\partial \theta},$$

où pour le fer et pour l'intervalle de 0° à 600°C. en moyenne $\frac{\partial \mu}{\partial \theta} = 0,0002$.

» Or, q indique la portion de la chaleur qui ne sert pas à augmenter la température, mais qui amène une modification de la perméabilité et une diminution du courant d'excitation à égalité d'induction. q est la mesure de l'effet que nous avons constaté par voie expérimentale. Il est proportionnel à H^2.

» Pour les directions y et z le second membre de (4) devient zéro, il n'y a donc aucune perturbation dans la propagation de la température par suite de P_y dans le cas d'un disque, et de P_y et P_z dans le cas d'une sphère magnétique. Comme exemple théorique de cette dernière, nous pourrions citer la propagation par déperdition de la chaleur intérieure d'origine du globe terrestre. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un cas particulier des oscillations électriques, produites par une bobine de Ruhmkorff à circuit secondaire ouvert, et sur une méthode nouvelles pour mesurer des capacités électriques.* Note de MM. **J.-J. Borgman** et **A.-A. Pétrowsky**, présentée par M. Lippmann.

« Nous avons l'honneur de présenter à l'Académie une exposition sommaire d'une partie des phénomènes que nous avons observés en étudiant l'action d'une bobine de Ruhmkorff à circuit secondaire ouvert.

» On sait que, pendant l'action de la bobine de Ruhmkorff, quand son circuit secondaire reste ouvert, des tubes de Geissler s'illuminent, lorsqu'ils sont placés dans son voisinage. Nous avons constaté, entre autres, les faits suivants relatifs à ce phénomène.

» 1. Si l'on fait communiquer à l'une des bornes de la bobine de Ruhmkorff un fil droit et qu'on le suspende de manière à l'isoler complètement, on constate qu'un tube de Lecher isolé (tube cylindrique évacué, privé d'électrodes) s'illumine quand il est placé à peu près perpendiculairement à la direction du fil. Ce même tube ne s'illumine plus, s'il est placé parallèlement au fil. Mais si on le fait glisser dans la direction du fil, la lumière apparaît dans la partie du tube dépassant l'extrémité du fil. Un tube de Lecher isolé s'illumine intensivement quand on le place sur le prolongement du fil, même si la distance entre le bout du fil et l'extrémité la plus proche du tube atteint quelques dizaines de centimètres. En faisant communiquer la deuxième borne de la bobine à la terre, on change seulement l'intensité de la lumière du tube.

» 2. Un tube de Lecher isolé cesse d'émettre de la lumière, si l'on dispose, à quelques centimètres de distance, parallèlement à sa longueur, un fil isolé ou un réseau de fils parallèles bien isolés tendus sur un cadre. La lumière du tube n'est nullement atténuée si le fil ou le réseau ont une direction perpendiculaire à sa longueur, même s'ils sont placés entre le tube et le fil communiquant à la bobine.

» 3. Un tube de Lecher isolé lumineux illumine un tube semblable isolé quand on les fait communiquer par un fil fin, long de quelques mètres.

» Nous avons constaté encore le phénomène suivant :

» 4. Le fil conducteur attaché à l'une des bornes de la bobine de Ruhmkorff, dont l'autre borne reste isolée ou communique à la terre, s'attache à une électrode que l'on peut déplacer le long d'une gouttière horizontale creusée dans un bloc de paraffine et remplie d'eau. Les deux extrémités de cette gouttière sont munies d'électrodes en platine, communiquant aux électrodes d'un tube de Geissler pour analyse spectrale, bien isolé. Pendant l'action du Ruhmkorff, ce tube de Geissler s'illumine sans montrer aucune polarité : c'est-à-dire que le caractère de la lumière est le même aux deux électrodes et ne change pas quand on change la direction du courant dans le circuit primaire de la bobine. Le déplacement de l'électrode le long de la gouttière produit un changement dans l'intensité de la lumière du tube, et pour une certaine position de cette électrode, on aperçoit un espace sombre dans la partie capillaire du tube. La longueur de cet espace sombre bien délimitée, que nous désignons comme *nœud*, peut être réduite à quelques millimètres pour une certaine fréquence de l'interrupteur de la bobine et amenée au milieu de la longueur du tube par un déplacement convenable de l'électrode le long de la gouttière.

» 5. Le déplacement du *nœud*, correspondant à un déplacement de l'électrode donné, est d'autant plus grand que la conductibilité du liquide dont la gouttière est remplie est moindre.

» 6. L'apparition du *nœud* et ses déplacements s'observent aussi dans le cas où la gouttière est remplacée par un tube de Lecher, dont les bouts sont munis de capsules métalliques communiquant aux électrodes du tube de Geissler; en ce cas, le tube de Lecher est, en outre, muni d'un anneau métallique qu'on peut faire glisser le long de sa surface, cet anneau communiquant à l'une des bornes de la bobine.

» 7. Remplaçant la gouttière par un rhéostat à fil métallique, on constate un nœud au milieu de la partie capillaire du tube de Geissler, mais ce nœud ne se déplace plus quand on fait glisser le point de contact du conducteur de la bobine le long du rhéostat.

» 8. Quand on emploie une gouttière remplie d'eau, la position du nœud dans le tube, ou la position de l'électrode dans la gouttière nécessaire pour amener le nœud au milieu du tube, dépend des conducteurs servant de communication entre les électrodes du tube et les extrémités de la gouttière. C'est la capacité électrique de ces conducteurs qui a la plus grande influence sur ce phénomène. On constate aussi l'influence de la résistance de ces conducteurs quand elle est très grande (des colonnes de dissolutions très diluées d'acides ou de sels dans l'eau) et que toutes les autres conditions de l'expérience restent les mêmes. L'influence des coefficients de self-induction des conducteurs paraît exister, mais nous n'en avons pas encore suffisamment approfondi l'étude.

» 9. Le phénomène décrit dans les paragraphes ci-dessus donne le moyen de comparer des capacités électriques minimes. Pour cela on doit faire communiquer la capacité à mesurer avec l'un des conducteurs, réunissant les électrodes immobiles de la gouttière avec celle du tube de Geissler. Pour ramener le nœud à sa position antérieure au milieu du tube, on est obligé de faire communiquer avec le deuxième conducteur une capacité égale à la première ou de déplacer convenablement l'électrode mobile le long de la gouttière. Ce déplacement est proportionnel entre certaines limites aux capacités introduites.

» Il est facile de mesurer par cette méthode des capacités ne dépassant pas une fraction d'une unité électrostatique C.G.S., par exemple les variations de la capacité d'un condensateur formé par deux plaques de 2^{cc} de surface disposées à une distance près de 1^{cm}; ou celles de la capacité d'une sphère de 5^{cm} de diamètre quand on la fait plonger dans divers isolateurs liquides.

» Tous les faits décrits ont été observés à l'aide d'une bobine de Ruhmkorff de grandeur moyenne, actionnée par le courant de deux accumulateurs.

» Nous continuons nos recherches et nous espérons avoir bientôt l'honneur de communiquer à l'Académie les résultats ultérieurs. »

PHYSIQUE. — *Sur la transformation des rayons X par les différents corps.* Note de M. **Hurmuzescu**, présentée par M. G. Lippmann.

« L'expérience nous a montré que ces rayons ne possédaient aucune réflexion régulière, mais dans certains cas on a obtenu une série de phénomènes semblables à une espèce de diffusion de ces rayons. Ainsi, le voisinage de certains corps métalliques près d'une plaque sensible donnait naissance à des renforcements.

» Avec l'usage des tubes de Crookes de plus en plus forts, donnant de

15^{cm} à 20^{cm} d'étincelle, cette propriété de renforcer s'est trouvée être générale pour tous les corps à des degrés variables (¹) : le verre, le papier, et surtout, parmi les métaux, le plomb, le zinc, etc., produisent des renforcements.

» En prenant la précaution d'éliminer les rayons X directs, on peut avoir des impressions photographiques très fortes dues seulement à ces rayons que M. Sagnac a appelés des *rayons secondaires* et qu'on peut nommer d'une manière générale des *rayons transformés*.

» Pour étudier les actions de ces rayons, j'ai employé la méthode basée sur la propriété qu'ont ces rayons, comme les rayons X, de décharger les corps électrisés (²).

» Un électroscope bien isolé, à cage métallique, était chargé au même potentiel donné par un même angle α d'écartement entre les feuilles. Les rayons transformés seuls pénétraient, à travers une feuille d'aluminium de $0^{mm},1$ d'épaisseur, à l'intérieur de la cage et tombaient sur les feuilles électrisées. On mesurait le temps de décharge jusqu'à une valeur α_1 plus petite que α, mais qui était différente de zéro.

» On détermine le coefficient de transformation des rayons X par les différents corps par rapport à la transformation sur le zinc, en prenant le rapport des temps respectifs de décharge.

» Dans ces expériences existe une cause d'erreurs si l'on ne se tient pas dans le cadre des conditions expérimentales : c'est la complexité du faisceau et surtout la variation continuelle du faisceau due à l'altération trop irrégulière du vide du tube X.

» *Voici maintenant quelques résultats* (³) :

» Les rayons transformés sont beaucoup plus absorbables que les rayons X qui leur ont donné naissance. En interposant différents corps sur le trajet du faisceau incident et sur le trajet du faisceau transformé les temps de décharge varient dans de grands rapports.

» L'intensité des rayons transformés par les différents corps, par rapport

---

(¹) Dr Hurmuzescu, *Sur la transformation des rayons X* (*Comptes rendus de la Société française de Physique*, 17 avril 1898).

(²) L. Benoist et Dr Hurmuzescu, *Nouvelle méthode de recherche sur les rayons X*. 3 et 17 février 1896.

(³) Une partie de ces résultats ont été communiqués au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, 10 août 1898. Voir l'*Éclairage électrique*, 20 août 1898.

à un même corps (zinc), dépend du tube employé et de son état; ainsi, par exemple, pour un tube Chabaud le temps de décharge des rayons zinc est treize secondes et les rayons fer, soixante-douze secondes :

$$A_F = \frac{72}{13} = 5,53.$$

» Dans d'autres expériences cette valeur varie entre

$$A_F = 5,45 \quad \text{et} \quad 5,90.$$

» Avec un tube Müller bianodique de 10^{cm} d'étincelle on a des valeurs comprises entre

$$A_F = 2,10 \quad \text{et} \quad 2,16.$$

» Dans le Tableau suivant, à titre d'exemple, on verra les différents coefficients :

Corps.	Épaisseur en millimètres.	Temps de décharge en secondes. I.	II.
Aluminium..........	1	30	27,2
Paraffine............	12	10,8	9,2
Fer étamé...........	0,50	68,0	49,4
Zinc	0,55	11,5	10,3
Fer	0,60	58	44
Cuivre	0,16	15	14
Aluminium	0,60	31	26,2
»	2,00	45	32
Plomb..............	3,00	14	13
Verre sur zinc.......	1,20	51	45
» sur paraffine...	1,20	47	37
Zinc............	0,55	11,7	10,3

» Les rayons transformés produits par un corps sont de préférence absorbés par ce même corps. Cette absorption élective particulière se manifeste encore si l'on fait l'étude de la décharge sur deux électroscopes identiques, mais dont le métal de la cage soit différent : un en zinc et un autre en plomb. Les rayons transformés par le plomb donnent un temps de décharge de 51 secondes pour l'électroscope à cage en plomb et seulement de $29^s,8$ pour l'électroscope à cage en zinc. Ceci est en faveur de l'explication de ces phénomènes secondaires par une transformation des rayons et non pas par une simple diffusion.

» Chaque couche d'un corps agit comme transformateur (donnant des

rayons transformés) et comme absorbant; d'un autre côté, la radiation incidente peut se transformer non seulement en une autre radiation de plus grande longueur d'onde, mais aussi en chaleur (Dorn) et autre; il s'ensuit qu'il n'y a aucune relation simple entre l'énergie vibratoire absorbée et celle transformée.

« Mais il existe une relation entre l'émission des radiations produites par un corps et l'absorption du même corps pour les radiations qu'il émet.

» On peut trouver dans des cas particuliers, et surtout pour un faisceau déterminé, des corps qui transforment d'autant mieux qu'ils sont plus absorbants ([1]).

» Mais on ne doit pas étendre cette propriété pour tous les corps et pour toutes les radiations ([2]); car on voit la différence des résultats suivant le tube X et l'état du tube employé.

» Pour toutes les raisons indiquées on doit considérer ces phénomènes comme dus à une transformation des rayons X en d'autres rayons de plus grande longueur d'onde; cette transformation se faisant dans l'intérieur du corps jusqu'à une certaine épaisseur ([3]) limite. »

PHYSIOLOGIE. — *La méthode graphique dans l'étude des voyelles.* Note de M. **Marage**, présentée par M. Marey.

« J'ai repris, avec la méthode graphique, les expériences que j'avais entreprises sur les voyelles, en me servant de la photographie des flammes manométriques. J'ai pu constater, ainsi, non seulement l'exactitude des premiers résultats que j'avais obtenus, mais encore cela m'a permis d'expliquer les divergences qui existaient entre certains expérimentateurs.

» La méthode des flammes de Kœnig a l'avantage d'être excessivement sensible, très maniable et très exacte; mais elle ne permet pas de pousser aussi loin l'étude des voyelles que la méthode graphique qui, cependant, est moins sensible.

([1]) Sagnac, *Sur la transformation des rayons par les différents corps simples* (*Société française de Physique:* séance du 6 janvier 1899).

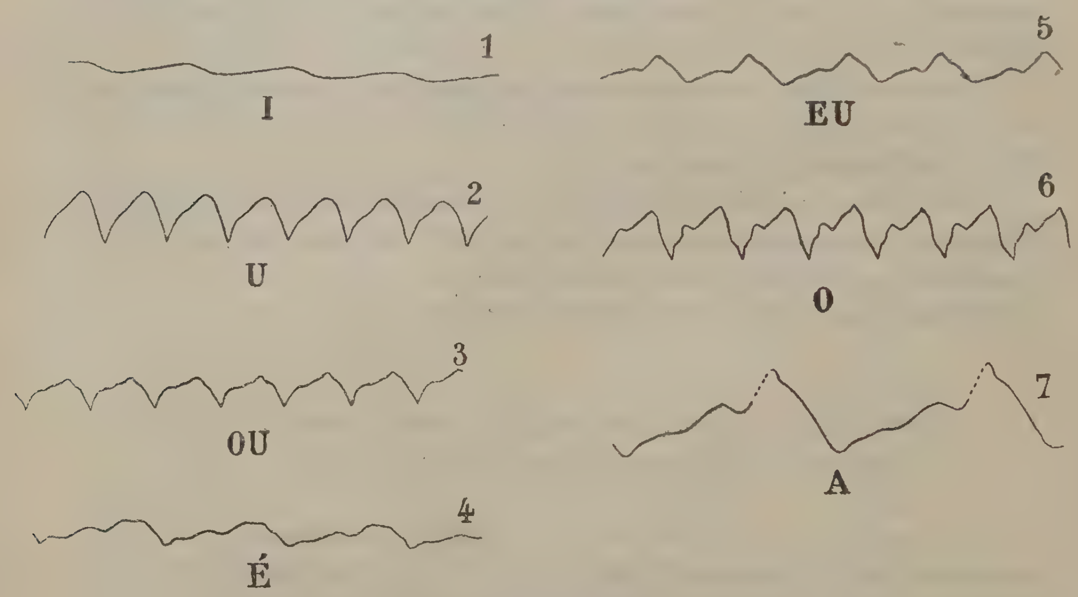
([2]) Malagoli et Bonacini, *Sur la diffusion des rayons X* (l'*Éclairage électrique*, 14 janvier 1899).

([3]) Extrait d'un Mémoire publié dans le *Bulletin des Sciences physiques de Bucarest,* janvier 1899.

» Je vais citer quelques-uns des résultats que j'ai obtenus ; tous les tracés ont été agrandis par la Photographie :

» 1° Quand on veut étudier les tracés, il faut distinguer les voyelles parlées et les voyelles chantées : les premières ont seules un tracé caractéristique ; chez les secondes, le tracé se confond le plus souvent avec la note laryngienne.

» 2° Chaque voyelle a un tracé spécial, et, de même que j'avais établi la distinction entre voyelles à une flamme : I, U, OU ; à deux flammes : É,



Tracés des voyelles (les causes d'erreur étant supprimées).
Grossissement : 5 diamètres.

EU, O ; à trois flammes : A, on peut distinguer les tracés à une, deux ou trois périodes.

» On voit immédiatement que la méthode graphique a une supériorité, puisqu'elle permet de différencier entre elles les flammes du même groupe.

» 3° Si les expérimentateurs trouvent des résultats non concordants, cela tient aux causes d'erreur que présentent leurs méthodes.

» Les appareils généralement employés se composent d'une embouchure, d'un tube, d'une membrane, d'un levier, d'un ressort ; je vais examiner l'influence de chacune de ces parties sur le tracé.

» *a. Embouchure.* — Les embouchures modifient tous les groupements. Elles servent plus ou moins de résonateurs.

» *b. Tube.* — Le tube peut être considéré comme un véritable tuyau sonore; la hauteur et le timbre du son se trouvent complètement changés.

» *c. Membrane.* — Une membrane en caoutchouc, ou en baudruche caoutchoutée, très mince et non tendue, transmet absolument toutes les vibrations, sans introduire ni supprimer aucun harmonique. (Expériences de M. Cauro.)

» *d. Levier.* — Si le levier n'est pas infiniment court et infiniment léger; si, de plus, on n'a pas soin d'amortir les vibrations, il vibre pour son propre compte : c'est lui qui donne les grandes oscillations, et la note est représentée par la somme des vibrations partielles : ceci confirme l'opinion de M. Marey qui avait toujours dit que, dans le cas de vibrations très nombreuses, il fallait chercher à obtenir des tracés microscopiques.

» *e. Ressort.* — Le levier doit suivre tous les mouvements de la membrane; ce résultat est obtenu, soit au moyen d'articulations qui diminuent beaucoup la sensibilité, soit au moyen d'un léger ressort (Schneebeli).

» Pour faire mes expériences, j'ai remplacé le ressort métallique par un ressort à air à pression constante (1^{cm} d'eau).

» Conséquences. — 1° Un phonographe n'est qu'un appareil enregistreur réversible; il parle mal parce que le cylindre est mal impressionné; il faut supprimer l'embouchure, le tube, et remplacer la lame de verre par une autre qui ne donne pas de son propre; on obtient, alors, non seulement un son beaucoup plus pur, mais encore un tracé beaucoup plus simple.

» 2° Les expérimentateurs ne trouveront des résultats comparables qu'autant qu'ils se placeront dans les mêmes conditions : c'est pourquoi il est très désirable que la proposition de M. Marey, d'uniformiser les instruments de recherches, ait tout le succès qu'elle mérite. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sulfure de strontium phosphorescent, préparé au moyen du carbonate de strontium et de la vapeur de soufre.* Note de M. **J.-R. Mourelo** (¹).

« M. Sidot a appliqué, à la reproduction artificielle de la wurtzite, un procédé qui consistait à soumettre l'oxyde de zinc, chauffé au rouge cerise, à l'action de la vapeur de soufre. Le sulfure de zinc obtenu était très bien

(¹) Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École centrale des Arts et Métiers, à Madrid.

cristallisé; il ne formait qu'une masse cristalline, quand la température n'avait pas été assez élevée (*Comptes rendus*, t. LXII, p. 999; 1866). Pour appliquer ce procédé aux sulfures phosphorescents de baryum, calcium et strontium, j'ai effectué une série d'expériences, dont les résultats, en ce qui touche le sulfure de strontium, font l'objet de cette Note.

» L'appareil consiste en un long tube en porcelaine vernie, placé sur une grille à combustion; on place, dans l'intérieur du tube, deux nacelles en porcelaine, assez distantes. On met dans l'une du soufre en très petits fragments; dans l'autre, du carbonate de strontium naturel (*strontianite*), de nuance grisâtre et en poudre grossière; on ferme l'une des extrémités du tube avec un bouchon pourvu d'un long tube de verre; l'autre extrémité, plus proche de la nacelle où est placé le soufre, est en communication avec un appareil producteur d'azote. Tout l'appareil doit être rempli de ce gaz, pur et très sec, avant que le tube en porcelaine commence à être chauffé; le courant d'azote doit être très lent.

» On commence par chauffer la partie du tube la plus voisine de la nacelle qui contient le carbonate de strontium; lorsque la température arrive au rouge vif, on fait en sorte que le tube soit partout également chauffé. Dans ces conditions, la vapeur de soufre est entraînée lentement par le courant d'azote et réagit très régulièrement sur le carbonate de strontium.

» Les résultats obtenus varient beaucoup selon la nature des produits employés, la température à laquelle l'opération a été faite et le temps qu'on y a employé.

» Pas une fois, dans les nombreuses expériences effectuées, on n'obtint le sulfure de strontium cristallisé; sa structure était grenue, sans indice même de forme cristalline; lorsque le carbonate était en fragments gros comme des pois, le produit, de nuance grisâtre claire, avait l'apparence scoriforme.

» Lorsque le carbonate de strontium est pur, exempt d'alcalis et de calcite, le sulfure de strontium obtenu est blanc et n'est pas phosphorescent. Les meilleurs résultats sont ceux que donne la strontianite naturelle, en poudre gris foncé. La stromnite, le calstronbaryte, l'emmonsite et la calcite, avec 20 pour 100 de carbonate de strontium, peuvent également être employées, mais la phosphorescence du sulfure obtenu est alors moins vive.

» La strontianite employée dans mes expériences présentait à peu près la composition suivante : carbonate de strontium, 96,12; carbonate de calcium, 2,03; oxydes de fer et de manganèse, traces; eau, 0,18. Je me permets d'appeler l'attention sur la présence de l'oxyde de manganèse, bien qu'il ne s'y trouve qu'en quantités non déterminables, parce que c'est une des substances les plus actives, en ce qui touche la phosphorescence.

» Pour 5gr de strontianite, j'ai employé au moins autant de soufre · le sulfure de strontium obtenu contenait un peu de sulfate et de sulfure de calcium ; il donnait, en outre, les réactions du fer et du manganèse.

» La température à laquelle se fait la réaction a quelque influence sur le pouvoir phosphorescent du produit : c'est la température du rouge vif qui donne le meilleur résultat ; au blanc, on obtient un sulfure qui n'est pas phosphorescent.

» Si la température n'arrive qu'au rouge cerise ou sombre, le sulfure n'est pas phosphorescent, mais il peut acquérir cette propriété quand on le chauffe, dans un creuset, au rouge vif, pendant deux heures ; il change alors de structure et il s'amoncelle, en prenant une apparence scoriforme.

» La série d'expériences effectuées pour étudier l'influence de la température a démontré que le sulfure de strontium n'acquiert la propriété phosphorescente que lorsque la vapeur de soufre agit à une température déterminée sur la strontianite ; si ce point, que j'appellerai *critique*, est dépassé, on obtient un sulfure qui n'est ni phosphorescent, ni capable de le devenir quand on le chauffe de nouveau après sa formation.

» Quant à la durée que doit avoir l'action de la vapeur de soufre, elle est, en quelque sorte, réglée par le courant d'azote. Ce courant doit être assez lent pour qu'on puisse compter les bulles : s'il est trop rapide, une grande partie du soufre est entraînée et va se condenser dans le tube de verre à l'extrémité de l'appareil. Au commencement, quand le carbonate de strontium est seul chauffé, l'acide carbonique, en se dégageant, laisse la masse dans un état permettant la pénétration de la vapeur de soufre, qui doit y être en excès. Quand l'action de la chaleur s'étend au tube dans son entier, il faut entretenir la température au rouge vif, pendant deux heures, pour que l'opération puisse être considérée comme terminée.

» A la fin de l'opération, la nacelle qui contenait le soufre doit être vide et sans aucun résidu. Si le courant d'azote est entretenu pendant le refroidissement du tube, on trouve dans l'autre nacelle un sulfure de strontium qui n'est pas immédiatement phosphorescent, mais qui peut le devenir quand on le laisse à l'air pendant une demi-heure ; il suffit de l'exposer ensuite à la lumière diffuse une vingtaine de secondes, pour qu'il émette dans l'obscurité une lumière intense, de la nuance vert jaunâtre qui est propre à tous les sulfures de strontium que j'ai préparés.

» La luminescence, provoquée de la sorte, se prolonge pendant au moins douze heures. Dans les sulfures que j'ai obtenus, la propriété de devenir phosphorescents ne paraît pas s'amoindrir avec le temps. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons obtenues avec les aldéhydes grasses et le sulfate mercurique.* Note de M. G. **Denigès**.

« J'ai précédemment [1] indiqué les aldéhydes de la série grasse parmi les substances susceptibles de fournir des combinaisons d'addition avec le

(1) *Sur les fonctions organiques pouvant se combiner au sulfate mercurique* (*Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1868; 1898).

sulfate mercurique. Je décrirai aujourd'hui les résultats obtenus avec l'éthanal et le méthanal.

» *Éthanal.* — Cette aldéhyde peut fournir, rapidement à chaud, lentement à la température ordinaire, lorsqu'on la traite par le sulfate de mercure, une combinaison blanche, cristalline, à peu près insoluble dans l'eau froide, un peu soluble à l'ébullition. Elle est détruite par l'acide chlorhydrique, qui la dissout en régénérant l'aldéhyde qu'elle renferme.

» Pour l'obtenir, on mélange dans un flacon à large goulot 200^{cc} de sulfate mercurique [1] avec 1^{cc} d'éthanal et l'on abandonne le tout à lui-même. Dès le lendemain, le liquide laisse déposer un corps blanc, très adhérent au verre, augmentant peu à peu de volume.

» Au bout de trois ou quatre jours, on décante le liquide et on lave le produit à l'eau froide, par décantation, jusqu'à ce que l'eau de lavage ne précipite plus par le chlorure de baryum ; on étale le résidu sur des plaques poreuses et l'on achève la dessiccation sur l'acide sulfurique concentré.

» L'analyse montre que ce composé répond à la formule :

$$SO^4\left\langle\begin{matrix}Hg - O \\ Hg - O\end{matrix}\right\rangle Hg.C^2H^4O.$$

» On l'obtient plus vite en portant le mélange à l'ébullition, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant : dès que l'ébullition est atteinte, on enlève le feu et, par refroidissement, le composé se dépose. On le lave et le dessèche comme il est dit plus haut. Ainsi préparé, il renferme toujours un peu de sulfate mercureux ; il laisse, par conséquent, un résidu insoluble de calomel lorsqu'on le traite par l'acide chlorhydrique et donne, à l'analyse, des chiffres un peu forts en mercure et acide sulfurique.

» *Méthanal.* — Lentement à froid, très rapidement à l'ébullition, le méthanal donne, avec SO^4Hg, du sulfate mercureux pur et bien cristallisé. La réaction s'effectue aisément en faisant bouillir, au réfrigérant ascendant, un mélange de 200^{cc} de réactif mercurique et de 2^{cc} de formol commercial, à 40 pour 100 environ de méthanal. Le dépôt de sel mercureux est très vite formé ; on laisse refroidir, on lave par décantation et l'on dessèche.

» L'analyse montre que le produit correspond à la formule SO^4Hg^2.

» Dans aucun cas, il ne s'est formé de combinaison analogue à celle qu'a donnée l'éthanal.

» Le fait n'est pas surprenant, non seulement parce que, ainsi qu'on le sait, les corps de la condensation C^4, alcool, aldéhyde, acide, etc., diffèrent notablement par leurs propriétés de leurs homologues, mais aussi parce que j'ai constaté un résultat du même ordre avec les carbures éthy-

---

(1) La formule du réactif a été donnée dans mes Communications antérieures sur les combinaisons mercurico-organiques (*loc. cit.*).

léniques dont le premier terme, l'éthylène, ne contracte pas de combinaison d'addition avec SO^4Hg, tandis que ses homologues supérieurs s'y combinent facilement, et avec les carbures benzéniques dont le chef de série, le benzène, n'entre pas en réaction avec le même réactif, tandis qu'il n'en est pas de même avec le xylène, par exemple.

» Il semble nécessaire que la molécule de ces premiers termes soit entamée par substitution pour réagir, la substitution pouvant d'ailleurs être hydrocarbonée (comme pour les homologues cités), ou hydroxylée (phénols), hydroxycarbonée (alcools allylique et benzylique).

» Je me propose d'étudier ultérieurement les autres combinaisons aldéhydo-mercuriques. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelle méthode d'examen quantitatif ou qualitatif des albuminoïdes, diastases, alcaloïdes, leucomaïnes ou toxines, notamment ceux des urines.* Note de M. **Paul Chibret** (Extrait).

« En 1886, dans une Note présentée avec M. Izarn et publiée aux *Comptes rendus,* nous avons fait connaître « un mode d'emploi du réactif » iodoioduré pour la recherche des alcaloïdes et leucomaïnes urinaires ».

» En partant de ce mode d'emploi et en en perfectionnant la technique, j'ai réussi à établir une méthode pour déceler et évaluer, dans l'eau ou dans l'urine, toute une série de corps azotés, connus ou inconnus, tels que créatinine, xanthine, alcaloïdes, peptones albuminoïdes, leucomaïnes, toxines, etc., sans agir ni sur l'urée ni sur l'acide urique ou les urates.

» On prend un tube d'essai *soigneusement frotté et lavé à la potasse,* puis rincé à grande eau. On y verse 2^{cc} d'une solution à $\frac{1}{800000}$ de chlorhydrate de cocaïne; on laisse ensuite tomber dans cette solution 3 gouttes d'acide azotique, on agite; on laisse ensuite tomber dans le liquide 3 gouttes du réactif iodoioduré dont voici la formule :

	gr
Iode	47
Iodure de potassium	58
Eau distillée	60

» Rien ne semble s'être produit dans le tube, si l'on se contente d'un examen à la lumière ordinaire. Il n'en est plus de même si l'on fait l'examen du liquide dans des conditions d'éclairage et d'ambiance convenables. On constate alors que le liquide, qui semblait transparent, devient louche et doué d'une *opalescence* produite par un précipité très ténu.

» L'opalescence obtenue avec la solution de chlorhydrate de cocaïne à $\frac{1}{800000}$, ainsi traitée et observée, constitue une *opalescence-étalon*, qu'il s'agit de reproduire comme intensité avec les différents liquides à examiner. Cette opalescence n'est point la réaction-limite, car on peut obtenir encore une opalescence avec une dilution de chlorhydrate de cocaïne à $\frac{1}{1000000}$ et même davantage. J'ai choisi comme étalon la solution à $\frac{1}{800000}$, parce qu'elle est d'une constatation facile pour l'œil le moins exercé et que j'ai reconnu, par empirisme, qu'elle est préférable aux opalescences plus ou moins fortes. La réaction-limite est à $\frac{1}{2000000}$.

» Les dilutions d'alcaloïdes, de créatinine, de xanthine, d'albumine, de peptone, de pepsine, de produits de sécrétion, de cultures sur agar des différentes bactéries pathogènes, en un mot la plupart des produits végétaux ou animaux de *nature azotée* donnent l'opalescence à des dilutions qui varient pour chacun d'eux : *toutefois, l'urée et les urates ne donnent pas d'opalescence.*

» L'albumine de l'œuf et les peptones à $\frac{1}{20000}$ dans l'eau, la créatinine à $\frac{1}{4000}$, la xanthine à $\frac{1}{5000}$, la pepsine à $\frac{1}{50000}$, les alcaloïdes à $\frac{1}{800000}$ donnent l'opalescence-étalon. Elle est fournie également par les albumines urinaires; si celles-ci sont d'origine alimentaire, elles n'exigent qu'une dilution voisine de celle de l'albumine de l'œuf, des peptones et de la pepsine $\frac{1}{20000}$ à $\frac{1}{50000}$; si les albumines urinaires sont liées à l'existence d'affections infectieuses intercurrentes chez des sujets sains, elles peuvent exiger des dilutions à $\frac{1}{140000}$ et même $\frac{1}{400000}$.

» J'ai tiré de ces différentes constatations une méthode d'examen des urines, qui consiste à en faire des dilutions successives pour arriver à l'opalescence-étalon : *L'urine normale*, chez un *sujet bien nourri*, donne l'opalescence de $\frac{1}{30}$ à $\frac{1}{50}$. Dans l'inanition, le taux de dilution s'abaisse et peut tomber au-dessous de $\frac{1}{10}$. Dans les affections fébriles et infectieuses, chez les individus *surmenés* ou *suralimentés* en *aliments azotés*, dans la plupart des affections générales fébriles, infectieuses, dans beaucoup d'affections afébriles, notamment dans celles qui résultent d'un mauvais fonctionnement du foie, le taux de dilution de l'urine s'élève au-dessus de $\frac{1}{50}$ et peut atteindre $\frac{1}{100}$ et même $\frac{1}{200}$. Dans les albuminuries infectieuses, le taux élevé de dilution urinaire est en partie dû à la présence de l'albumine et diminue après précipitation et filtration de cette albumine. La différence entre les coefficients de dilution de l'urine, avant et après précipitation de l'albumine, sert à établir le coefficient de dilution qui correspond à la présence de l'albumine et permet d'obtenir le coefficient de dilution corres-

pondant à 1^{gr} de cette albumine. On arrive ainsi à avoir une *connaissance qualitative de l'albumine urinaire*, déduite de la connaissance du poids de l'albumine par litre et du coefficient de dilution qui correspond à la présence de ce poids d'albumine dans l'urine. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'orthoxy-phénoxy-acétone.* Note de M. CHARLES MOUREU, présentée par M. Henri Moissan.

« Il a été démontré, dans une précédente Note [1], que l'orthoxy-phénoxy-acétal $C^6H^4\langle{}^{(1)}_{(2)}\begin{matrix} O - CH^2 - CH\langle\begin{matrix} OC^2H^5 \\ OC^2H^5 \end{matrix} \\ OH \end{matrix}$, pouvait perdre de l'alcool par l'action de la chaleur, avec formation d'un corps neutre, insoluble dans les alcalis, l'éthoxyléthane-pyrocatéchine $C^6H^4\langle\begin{matrix} O - CH^2 \\ | \\ O - CH - OC^2H^5 \end{matrix}$, et que l'hydrolyse de ce dernier composé donnait naissance à l'orthoxy-phénoxylaldéhyde $C^6H^4\langle\begin{matrix} O - CH^2 - CHO\,(1) \\ OH\,(2) \end{matrix}$. La présente Communication a pour objet de montrer que ces deux réactions sont susceptibles de généralisation.

» L'orthoxy-phénoxy-acétone $C^6H^4\langle\begin{matrix} O - CH^2 - CO - CH^3\,(1) \\ OH\,(2) \end{matrix}$ prend naissance quand on chauffe au bain-marie bouillant l'acétone monochlorée avec de la pyrocatéchine monosodée.

» Ce corps se présente sous la forme de longues et fines aiguilles blanches, légères, brillantes, fusibles à 98°-99°. Il est peu soluble dans l'eau froide, beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante, soluble dans l'alcool et dans l'éther. Il distille sans décomposition à 169°-170° sous une pression de 46^{mm} de mercure. Il est à peine et très lentement entraînable par la vapeur d'eau.

» Le chlorure ferrique ne donne avec l'orthoxy-phénoxy-acétone aucune coloration, ni en solution aqueuse, ni en solution alcoolique. Le corps ne se combine pas au bisulfite de soude; mais il réduit, très lentement à froid et immédiatement à chaud, le nitrate d'argent ammoniacal, avec apparition d'un miroir d'argent.

---

[1] CH. MOUREU, *Comptes rendus*, 6 juin 1898.

» L'éther acétique $C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}O - CH^2 - CO - CH^3\,(1)\\ O - CO - CH^3\,(2)\end{array}\right.$ est un sirop très épais, qui distille entre 176° et 180° ($H = 19^{mm}$).

» La phénylhydrazone $C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}O - CH^2 - \underset{\underset{Ag^2HC^6H^5}{\|}}{C} - CH^3\\ OH\end{array}\right.$ fond à 113°.

» L'oxime $C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}O - CH^2 - \underset{\underset{AzOH}{\|}}{C} - CH^3\\ OH\end{array}\right.$ cristallise dans un mélange de ligroïne et de benzène en petits prismes fondant à 76°-77°.

» L'acétal diéthylique $C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}\overset{(1)}{O} - CH^2 - C\left\langle\begin{array}{l}OC^2H^5\\ OC^2H^5\end{array}\right. - CH^3\\ \underset{(2)}{OH}\end{array}\right.$ prend naissance dans l'action de l'éther orthoformique naissant $H - C \equiv (OC^2H^5)^3$ sur l'orthoxy-phénoxy-acétone; il se forme en même temps du formiate d'éthyle; quant à l'éther orthoformique naissant, il est produit par la réaction sur l'alcool absolu du chlorhydrate d'éther imidoformique $H - C\left\langle\begin{array}{l}\!\!/\!\!/ Az\\ OC^2H^5\end{array}\right. HCl$ de M. Pinner [1].

» Le produit n'a d'ailleurs pas été isolé à l'état de pureté, n'étant pas distillable sans décomposition; mais j'ai obtenu la méthyléthoxyl-éthane-pyrocatéchine, qu'il engendre, avec perte d'alcool, quand il est soumis à l'influence de la chaleur :

$$\underbrace{C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}O - CH^2 - C\left\langle\begin{array}{l}OC^2H^5\\ OC^2H^5\end{array}\right. - CH^3\\ OH\end{array}\right.}_{\text{Diéthoxyl-orthoxy-phénoxy-acétone.}} = C^2H^6O + \underbrace{C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}O - CH^2\\ \quad\;\;\; |\\ O - \underset{\underset{OC^2H^5}{|}}{C} - CH^3.\end{array}\right.}_{\text{Méthyl-éthoxyl-éthane-pyrocatéchine.}}$$

» Voici d'ailleurs comment il convient d'opérer :

» A la solution d'orthoxy-phénoxy-acétone (1 molécule) dans l'alcool absolu (5 parties), on ajoute peu à peu le chlorhydrate d'éther imidoformique (1^{mol}, 25). Après dix jours de contact, pendant lesquels on a eu soin d'agiter fréquemment, on ajoute 2 volumes d'éther, on sépare par filtration le chlorhydrate d'ammoniaque, et l'on verse la liqueur dans un excès d'eau; la couche éthérée est lavée à l'eau, séchée sur le chlorure de calcium et distillée. On recueille, entre 130° et 145° ($H = 18^{mm}$), une huile qui se

---

(1) M. Claisen a montré récemment que l'éther orthoformique naissant réagissait sur les acétones en donnant les acétals $[- C(OC^2H^5)^2 -]$ correspondants (*Berichte,* 1898).

solidifie en partie par le refroidissement et qui est constituée par un mélange d'acétone restée intacte et de méthyl-éthoxyl-éthane-pyrocatéchine. Ce produit huileux est soumis à l'action de la vapeur d'eau; la substance entraînée, mise en solution dans l'éther, est lavée à la soude étendue, séchée sur le chlorure de calcium et distillée.

» La méthyl-éthoxyléthane-pyrocatéchine distille à 124°-125° ($H = 15^{mm}$). C'est une huile incolore, inodore, neutre, insoluble dans les alcalis, ayant pour densité, à 0°, 1,1271; elle est entraînable par la vapeur d'eau.

» Si l'on chauffe ce corps à reflux, pendant vingt-quatre heures avec de l'acide sulfurique dilué, l'huile disparaît et est remplacée, après refroidissement, par une belle cristallisation en aiguilles blanches d'orthoxy-phénoxy-acétone, fusibles à 98°-99°. Voici l'équation qui rend compte de cette réaction :

$$\underbrace{C^6H^4\begin{cases} O - CH^2 \\ O - \overset{|}{\underset{|}{C}} - CH^3 \\ \quad\;\; OC^2H^5 \end{cases}}_{\text{Méthyléthoxyl-éthane-pyrocatéchine.}} + H^2O = \underbrace{C^6H^4\begin{cases} O - CH^2 - CO - CH^3 \\ OH \end{cases}}_{\text{Orthoxy-phénoxy-acétone.}} + C^2H^6O.$$

» Le corps, en effet, est en réalité un acétal d'un genre particulier; l'une des deux fonctions éther-oxyde, fixées sur le carbone-acétonique $\left(-\overset{|}{\underset{|}{C}}-CH^3\right)$, est de nature alcoolique ($-OC^2H^5$), et la seconde de nature phénolique. Les acides étendus doivent donc l'hydrolyser et donner naissance à l'acétone correspondante.

» La méthyléthoxyl-éthane-pyrocatéchine distille sous la pression normale entre 233° et 237°. Le produit, pur avant cette distillation, est maintenant impur; il fixe, en effet, de petites quantités de brome, indice de la présence d'un corps non saturé. J'ai pu obtenir ce dernier composé, ainsi que je me propose de l'indiquer prochainement. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse de l'hydroxylamine* (1).

Note de M. **Ad. Jouve**, présentée par M. E. Grimaux.

« L'hydrogène et le bioxyde d'azote réagissent l'un sur l'autre en présence de la mousse de platine suivant la réaction bien connue

(1) $$AzO + 5H = AzH^3 + H^2O.$$

(1) Laboratoire de M. A. Colson, à l'École Polytechnique.

» J'ai observé que, dans certaines conditions, la réaction est celle-ci :

$$AzO + H^3 = AzH^2 - OH. \quad (2)$$

» Pour réaliser cette expérience, on dispose un tube rempli de mousse de platine ou mieux de ponce platinée, dans un bain de vaseline pouvant être chauffé. On remplit préalablement tout l'appareil de bioxyde d'azote sec, puis on envoie bulle à bulle un mélange bien sec des deux gaz, dans les proportions indiquées par l'équation (2), en ayant soin de toujours avoir un léger excès de bioxyde, car un excès d'hydrogène détruit toute l'hydroxylamine, à chaud, comme l'ont montré MM. V. Meyer et Loches :

$$AzH^2 - OH + H^2 = AzH^3 + H^2O. \quad (3)$$

» A l'instant où le mélange des deux gaz remplit tout l'appareil, on chauffe à 100° et l'on fait monter la température jusqu'à 115°-120° le plus lentement possible.

» On recueille les produits de la réaction dans un barboteur à acide chlorhydrique étendu.

» Il faut éviter toute action rapide ou toute élévation brusque de température qui amènerait la formation d'ammoniaque suivant (1). D'ailleurs, cette réaction (1) a toujours lieu et, quand elle devient totale, la mousse devient incandescente, par suite de la grande exothermicité de la réaction.

» Quand l'expérience est terminée, on évapore à sec la solution acide du barboteur après saturation par l'ammoniaque de l'excès d'acide.

» On obtient ainsi un mélange de chlorhydrate d'ammoniaque et de chlorhydrate d'hydroxylamine, que j'ai séparé par l'action de l'alcool absolu bouillant, qui ne dissout sensiblement que le sel d'hydroxylamine.

» Plusieurs cristallisations dans l'alcool donnent ce sel très pur, mais en très petite quantité, le rendement étant très mauvais (1 à 2 pour 100 environ), soit parce que les gaz passent sans réagir, soit parce que la réaction (1) prédomine, soit parce que la réaction (3) se produit.

» Le chlorhydrate d'hydroxylamine a été caractérisé comme suit :

» 1° Propriétés réductrices en liqueur alcaline : sels d'or et de mercure, avec le sulfate de cuivre, précipité d'oxyde cuivreux;

» 2° Dosage par la liqueur de Fehling;

» 3° Dosage d'azote en volume :

	Trouvé.	Calculé.
Az	$14^{cc},3$	$14^{cc},42$

pour un poids de sel correspondant à $0^{gr},0427$ d'hydroxylamine libre.

» En résumé, la réaction (2) n'est qu'une phase intermédiaire de l'action du bioxyde d'azote sur l'hydrogène.

» Je signalerai qu'avant d'employer la mousse de platine j'avais essayé la réaction de ces deux gaz dans l'appareil à effluves de M. Berthelot; mais

je n'ai obtenu que de très petites quantités d'un sel qui m'a cependant donné la réaction de l'hydroxylamine sur le sulfate de cuivre, c'est-à-dire la précipitation de l'oxyde cuivreux, la quantité de produit étant trop faible pour une plus grande identification. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pureté du triméthylène préparé par l'action de la poudre de zinc et de l'alcool sur le bromure de triméthylène.* Note de M. G. **Gustavson**, présentée par M. Friedel.

« MM. A. Wolkoff et B. Menchoutkine affirment, dans leur dernier travail [1], que le triméthylène préparé par ma méthode contient de 13 à 39,5 pour 100 de propylène ordinaire, ces chiffres étant déduits des quantités de bromure de propylène trouvées dans le brome après le passage des gaz.

» Or j'ai trouvé que le triméthylène privé de propylène par l'action du brome donne toujours, avec le brome, des quantités bien appréciables de bromure de propylène, la réaction étant accomplie dans les deux phases :

$$\begin{matrix} CH^2 \\ | \\ CH^2 \end{matrix}\!\!>\! CH^2 + Br^2 = H\,Br + \begin{matrix} CH^2 \\ | \\ CH^2 \end{matrix}\!\!>\! CH\,Br;$$

$$\begin{matrix} CH^2 \\ | \\ CH^2 \end{matrix}\!\!>\! CH\,Br + H\,Br = CH^3, CH\,Br.CH^2\,Br.$$

» Il résulte de là que, en trouvant le bromure de propylène dans le brome qui était traversé par le triméthylène, on ne peut pas conclure, partant de ce fait, à la présence de propylène dans le triméthylène, ce dernier donnant toujours, à côté du bromure de triméthylène, le bromure de propylène.

» Pour trancher la question, j'ai tâché de préparer le bromure de triméthylène exempt de bromure de propylène qui reste toujours en traces dans le premier, malgré les distillations répétées. Je me suis proposé d'examiner l'action du permanganate de potasse sur le triméthylène obtenu par ma méthode, mais en partant du bromure de triméthylène pur. Ayant pris en considération que le bromure de propylène se décompose bien plus facilement, par l'action de la poudre de zinc et de l'alcool, que le bromure de triméthylène, j'ai appliqué une sorte de méthode de décomposition frac-

---

(1) *Journal de Soc. chim. russe,* t. XXX, p. 559. *Berichte d. Deutschen Chem. Ges.,* t. XXXI, p. 3067.

tionnée pour purifier le bromure de triméthylène. Ayant dissous, dans l'alcool à 95 pour 100, 120gr de bromure de triméthylène bouillant à 164°,5-165°, j'ai additionné cette dissolution de 20gr de poudre de zinc seulement, et, ayant fait dégager 4lit de gaz, j'ai séparé, à l'aide de l'eau, le bromure de triméthylène qui était resté dans la fiole en dissolution alcoolique. Ce bromure bout à $165°\frac{1}{4}$ à la pression de 755mm. Densité $= 2,017$ à $\frac{0°}{0°}$; $1,987$ à $\frac{17°,5}{0°}$. Étant décomposé par la poudre de zinc et l'alcool, le bromure a donné du triméthylène qui, restant plusieurs jours en contact avec une solution de permanganate de potasse très diluée, n'a pas réduit ce dernier. J'ai observé seulement que la coloration violette du permanganate a pris une teinte légèrement rouge. Je crois qu'on peut conclure de ces faits qu'il ne se forme pas de propylène par l'action de la poudre de zinc et de l'alcool sur le bromure de triméthylène.

» Si l'on prépare le triméthylène par ma méthode avec du bromure de triméthylène ordinaire, mais bien fractionné et bouillant à 164°,5-165°, on peut obtenir aussi le gaz presque tout à fait exempt de propylène. Il faut seulement pour cela rejeter les premières portions du gaz contenant de préférence du propylène et ne recueillir que les suivantes; c'est ce qu'on fait du reste toujours pour obtenir des gaz exempts d'air. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la recherche de l'alcool méthylique dans les liqueurs spiritueuses. Présence de cet alcool dans les eaux-de-vie de marc.* Note de M. **A. Trillat**, présentée par M. A. Gautier.

« J'ai indiqué, il y a peu de temps (1), un procédé permettant de reconnaître la présence de l'alcool méthylique dans l'alcool éthylique. Il consiste à condenser les produits d'oxydation de l'alcool avec de la diméthylamine et à oxyder la base obtenue. La présence du méthylène se révèle par une coloration bleue intense due à la formation du benzhydrol tétraméthylé. Je faisais remarquer que des essais étaient en cours dans le but d'appliquer cette méthode à la recherche de l'alcool méthylique et, par suite, de l'alcool dénaturé, dans les liqueurs et boissons spiritueuses.

» Outre le point de vue analytique ayant pour objet de reconnaître l'emploi frauduleux de l'alcool dénaturé dans la fabrication des liqueurs, il était intéressant de savoir si certaines liqueurs non composées, telles que le rhum, les cognacs et eaux-de-vie de marc, pouvaient contenir de

(1) *Comptes rendus*, juillet 1898.

l'alcool méthylique à l'état naturel. La recherche de l'alcool méthylique à l'état naturel dans les rhums a fait l'objet de plusieurs travaux, les uns négatifs, les autres affirmatifs. D'autre part, Gutreit ([1]) a signalé la présence de l'alcool méthylique dans plusieurs fruits d'ombellifères, et Maquenne, de son côté, a trouvé des quantités notables d'alcool méthylique dans des plantes parentes de la canne à sucre, telles que le maïs ([2]).

» La méthode que j'ai antérieurement décrite, et qui ne s'applique qu'à l'alcool éthylique, a été depuis simplifiée ([3]). Les spiritueux du commerce peuvent contenir des essences, des éthers et des matières colorantes susceptibles d'entraver les réactions de l'analyse. Il était nécessaire d'examiner chaque liqueur au point de vue de la présence de groupes méthylés pouvant, par décomposition, régénérer des dérivés du méthane. Dans ce but, j'ai fractionné les liqueurs examinées, et chaque fractionnement a été soumis à des recherches appropriées. J'ai reconnu que certaines d'entre elles fournissaient des réactions colorées qu'il était nécessaire de faire disparaître.

» *Mode opératoire.* — 50^{cc} de la liqueur à essayer sont additionnés de 50^{cc} d'eau et de 8^{gr} de chaux. On fractionne dans un ballon surmonté d'un appareil à boules, et l'on recueille les quinze premiers centimètres cubes. On étend à 150^{cc} et l'on ajoute 15^{gr} de bichromate de potasse et 70^{cc} d'acide sulfurique au $\frac{1}{5}$. On distille après une heure de contact. La condensation du produit avec la diméthylaniline et l'oxydation de la base qui en résulte sont effectuées comme je l'ai déjà décrit.

» L'application de la méthode pour la recherche de l'alcool méthylique dans les boissons spiritueuses ne diffère de celle qui a trait à sa recherche dans l'alcool éthylique que par le traitement à la chaux.

» Dans le cas d'une liqueur d'absinthe et, en général, des liqueurs qui précipitent par addition d'eau, on en prélève 50^{cc} que l'on additionne d'une égale quantité d'eau et de 2^{gr} à 3^{gr} de chaux éteinte. On filtre sur du noir animal bien lavé et le liquide limpide et décoloré est soumis à la distillation comme précédemment.

» J'ai appliqué cette méthode à un grand nombre de liqueurs très répandues : rhum, arac, kirsch, absinthe, eaux-de-vie de marc et de lies, cognacs, etc. Dans une première série d'essais, je me suis procuré des types authentiques de ces diverses liqueurs, et, comme contrôle, je les ai comparées avec ces mêmes types additionnés de $0^{cc},5$ d'alcool méthylique.

([1]) *Annalen der Chemie*, t. CLXXVII, p. 344 (1875).
([2]) *Comptes rendus*, t. CI, p. 1067 (1885).
([3]) *Bulletin de la Société chimique*, t. XIX, p. 984 (1898).

» Dans une deuxième série, j'ai examiné les liqueurs vendues à bon marché.

» Dans le premier cas, je n'ai pas reconnu la présence d'alcool méthylique. Dans le deuxième cas, au contraire, j'ai constaté que plusieurs échantillons, notamment les absinthes, les kirschs et les rhums, contenaient, d'après l'évaluation de l'alcool méthylique trouvé, de 5 à 15 pour 100 d'alcool dénaturé ajouté frauduleusement.

» Dans le but d'élucider la question de la présence de l'alcool méthylique dans certaines liqueurs non composées, j'ai fait une étude spéciale des rhums, eaux-de-vie de marc ou de lies, ainsi que des cognacs.

» Des échantillons authentiques de rhums de la Jamaïque et de la Martinique et des cognacs à des degrés plus ou moins variés d'éthérification ont été soumis à un examen attentif et comparés avec des échantillons correspondants, contenant $\frac{1}{500}$ d'alcool méthylique. Aucun d'eux n'a permis de conclure à la présence, même de traces, d'alcool méthylique; au contraire, les échantillons de comparaison donnaient abondamment la coloration bleue de l'hydrol. Ces résultats corroborent donc complètement les observations de M. Prinsen Geerligs [1].

» Par contre, j'ai trouvé qu'un certain nombre d'eaux-de-vie de marc authentiques contenaient de l'alcool méthylique dans une proportion évaluée à 0,25 pour 100 environ.

» Cette constatation est intéressante et son application permettrait de classer les eaux-de-vie de marc.

» Le fait que les eaux-de-vie de marc ne contenaient pas toutes de l'alcool méthylique démontre que celui-ci ne s'y trouve pas nécessairement. Peut-être pourrait-on attribuer sa présence à une distillation défectueuse. Quoi qu'il en soit, je me propose d'en rechercher les causes. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *De la fermentation des saccharides.* Note de M. E. **Dubourg**, présentée par M. Duclaux.

« La plupart des levures alcooliques élaborent de la sucrase qu'on retrouve diffusée dans les divers liquides de culture; mais il en est d'autres qui n'ont aucune action inversive apparente : ensemencées dans une dissolution de saccharose, elles ne se développent pas et ne provoquent pas de fermentation.

(1) *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie*, n° 11; 1898.

» On s'est demandé si la propriété non inversive de ces levures était absolue ou contingente; si ces ferments n'auraient pas simplement un pouvoir diastasique faible; c'est la solution de ce problème que me paraissent fournir les expériences qui suivent :

» Si l'on ensemence ces levures dans un liquide de culture, très riche en matière azotée (eau de levure à 25 pour 100), contenant 5 pour 100 de glucose et 5 pour 100 de saccharose, la fermentation est apparente dès le lendemain, grâce à la présence du premier sucre. Quatre jours après, non seulement tout le glucose a disparu, mais encore la plus grande partie du saccharose, et le sucre restant est complètement interverti.

» On peut suivre les étapes successives de l'inversion et l'influence des quantités croissantes de glucose en graduant les proportions de ce dernier sucre. Avec de très faibles quantités de glucose (moins de $0^{gr},5$ pour 100) le glucose seul disparaît, le saccharose n'est pas atteint; il fermente, sans inversion apparente, avec des quantités un peu plus grandes, et enfin il se transforme, comme dans l'expérience précédente, lorsque le glucose atteint 1,5 à 2 pour 100.

» Ces expériences rappellent celles où M. Bourquelot a fait fermenter du galactose en présence de glucose; mais il ne paraît pas nécessaire de faire intervenir ici l'hypothèse de l'entraînement pour expliquer les faits observés.

» On peut en effet mettre en évidence l'inversion du saccharose dans des conditions où cette action d'entraînement ne peut s'exercer.

» On fait développer une certaine quantité de ferment dans un liquide riche en matière azotée avec du glucose et avec du saccharose qui devra servir plus tard d'aliment exclusif à la levure. Quand la fermentation paraît terminée, on décante le liquide avec les précautions d'usage, on lave une ou deux fois avec de l'eau stérilisée, et l'on s'assure que les eaux de lavage ne donnent plus ni rotation ni réduction. Puis on verse sur la levure une solution nutritive de saccharose. Après vingt-quatre heures, tout le sucre est interverti, et la fermentation est en pleine activité.

» Le même phénomène a pu être observé avec d'autres saccharides ou des hexoses réputés difficilement fermentescibles, comme le galactose. On opère exactement comme ci-dessus, mais on remplace, dans la préparation préalable de la levure, le saccharose par le sucre à examiner.

» Tous les sucres étudiés, avec plusieurs espèces de levures, directement inversives ou non, ont fermenté dans ces conditions; seul, le lactose s'est toujours montré résistant. Le galactose, le raffinose, le tréhalose, qui ne fermentent pas, par ensemencement, avec toutes les levures, ont disparu plus ou moins complètement, avec formation d'alcool. J'ai obtenu

des résultats analogues avec le mélézitose et le sorbose; mais je me réserve d'y revenir.

» Le fait paraît donc général pour les levures et pourrait sans doute s'expliquer, comme on l'a déjà dit, par l'influence des alimentations azotée et hydrocarbonée. Cette forme de nutrition des ferments exalterait la sécrétion des diastases peu abondantes dans les conditions ordinaires. Avec ces levures particulièrement peu actives, il faut, en outre, une assez grande quantité de ferment.

» Avec le *Mucor alternans*, l'expérience fournit des résultats très différents. On ne réussit à faire disparaître, en culture massive, que les sucres qui fermentent par ensemencement; ce sont, par ordre de résistance : le tréhalose, le glucose, le maltose, le lévulose, le galactose. Le lactose, le raffinose et le saccharose ne fermentent pas. Le fait est connu depuis longtemps pour ce dernier saccharide.

» Il est intéressant de remarquer que les deux seuls saccharides (tréhalose et maltose) qui sont atteints par la moisissure donnent naissance, par hydrolyse, exclusivement à du glucose. Cette remarque s'applique également à l'amidon qui, *seul* des hydrates de carbone de son groupe, fermente aussi avec la Mucorinée. ».

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur un mode d'action du* Bacillus subtilis *dans les phénomènes de dénitrification* [1]. Note de Mlle **A. Fichtenholz**, présentée par M. L. Guignard.

« En cherchant à se placer dans les conditions que réalisent les sols arables, les auteurs qui ont étudié la dénitrification par les bactéries ont utilisé des milieux nutritifs contenant à la fois de l'azote nitrique et de l'azote albuminoïde. J'ai réussi à cultiver, dans un milieu de composition connue et ne renfermant l'azote qu'à l'état d'azote nitrique, une bactérie très répandue et facile à isoler en culture pure, le *Bacillus subtilis* (Ehrenb.) Cohn.

» Dans ces conditions, la bactérie donne lieu à une production d'ammoniaque.

---

[1] Travail fait au laboratoire de Botanique de l'École de Pharmacie, sous la direction de M. Radais.

» Le milieu artificiel employé est le suivant :

Nitrate de potasse cristallisé.......	5gr
Phosphate de potasse............	1,25
Sulfate de magnésie cristallisé......	0,0125
Chlorure de calcium..............	0,0125
Glucose.........................	12,50
Eau...........................	1000,00
Soude.........................	Quantité suffisante pour légère réaction alcaline.

» A la température de 38°-39° et avec une aération abondante, le *B. subtilis* se développe dans ce milieu avec ses caractères morphologiques normaux. Peu de temps après la formation du voile zoogléique, l'ammoniaque apparaît dans le liquide de fermentation. Les Tableaux qui suivent expriment numériquement la marche du phénomène, au moins dans les limites de temps où l'on a pu faire l'observation. Chaque série de dosages a été effectuée aux dépens d'une même fermentation. Les ballons de culture étaient disposés de telle sorte qu'on pût faire, avec asepsie, les prélèvements destinés à l'analyse.

Tableau I. — *Ballon n° 1, ensemencé le* 10 *janvier* 1899 *à* 8h *du soir.*

Dates des prélèvements :	14 janvier, 8h matin.	11h.	2h.	5h.	8h soir.
Réaction de la liqueur......	Neutre.	A peine alcaline.	Alcaline.	Alcaline.	Alcaline.
Poids d'ammoniaque pour 100cc de liqueur.........	0,0120	0,0134	0,0148	0,0156	0,0161
Gain d'ammoniaque par période de 3 heures........	»	0,0014	0,0014	0,0008	0,0005

Tableau II. — *Ballon n° 2, ensemencé le* 10 *janvier* 1899 *à* 8h *du soir.*

Dates des prélèvements :	23 janvier, 8h matin.	11h.	2h.	5h.	8h soir.
Réaction de la liqueur......	Alcaline.	Alcaline.	Alcaline.	Alcaline.	Alcaline.
Poids d'ammoniaque pour 100cc de liqueur..........	0,0370	0,0266	0,0224	0,0196	0,0168
Diminution d'ammoniaque par période de 3 heures...	»	0,0104	0,0042	0,0028	0,0028

Tableau III. — *Ballon n° 3, ensemencé le* 10 *janvier* 1899 *à* 8h *du matin.*

Dates des prélèvements :	17 janvier, 8h matin.	» 8h soir.	18 janvier, 8h matin.	» 8h soir.	19 janvier, 8h matin.	» 8h soir.	20 janvier, 8h matin.
Réaction de la liqueur..	Neutre.	Alcaline.	Alcaline.	Alcaline.	Alcaline.	Alcaline.	Alcaline.
Poids d'ammoniaque, pour 100cc de liqueur.	0,01509	0,01797	0,02372	0,03090	0,03564	0,03564	0,03370

Dates des prélèvements :	17 janvier, 8h matin.	» 8h soir.	18 janvier, 8h matin.	» 8h soir.	19 janvier, 8h matin.	» 8h soir.	20 janvier, 8h matin.
Gain d'ammoniaque par période de 12 heures.	»	0,00288	0,00575	0,00718	0,00474	»	»
Diminution d'ammoniaque par période de 12 heures...........	»	»	»	»	»	0,0	0,00194

Tableau IV. — *Ballon n° 4, ensemencé le 5 janvier 1899 à 11h du matin.*

Dates des prélèvements :	10 janvier, 11h matin.	11 janvier, 11h.	12 janvier, 11h.	13 janvier, 11h.	14 janvier, 11h.	15 janvier, 11h.	16 janvier, 11h.
Réaction de la liqueur..	Acide.	Acide.	A peine acide.	Neutre.	Alcaline.	Alcaline.	Alcaline.
Poids d'ammoniaque, pour 100cc de liqueur.	0,0	0,00514	0,01152	0,02680	0,04320	0,03900	0,03900
Gain d'ammoniaque par période de 24 heures.	»	0,00514	0,00638	0,01528	0,01640	»	»
Diminution d'ammoniaque par période de 24 heures...........	»	»	»	»	»	0,0042	0,00

» Les expériences qui précèdent conduisent aux conclusions suivantes :

» 1. En présence de l'air et à une température de 38°-39°, le *Bacillus subtilis* peut se développer dans un milieu nutritif artificiel où l'azote n'existe qu'à l'état d'azote nitrique;

» 2. Dans ces conditions, on obtient une fermentation ammoniacale;

» 3. La quantité d'ammoniaque formée varie avec les différentes phases de la fermentation. Dans l'ensemble, la production, nulle dans les premières heures, s'accroît et passe par un maximum pour décroître ensuite.

» Si l'on considère seulement la période ascensionnelle de formation d'ammoniaque, on peut, des Tableaux I, III et IV, déduire le Tableau suivant :

Prélèvements faits par périodes égales de :	Poids moyen du gain d'ammoniaque par 100cc de liqueur et pour une période de fermentation de : 3 heures.	12 heures.	24 heures.
3 heures........	0,00102	»	»
12 heures........	0,00128	0,00514	»
24 heures........	0,00135	0,00540	0,01080

» Ce Tableau montre l'influence retardatrice exercée par la fréquence des prélèvements. Il est à présumer que la dislocation du voile est la principale cause du retard.

» Quelle est l'origine de l'ammoniaque ainsi formée? Frankland [1], qui en a obtenu la production dans l'action du *B. subtilis* sur un milieu nitraté additionné de peptone, conclut à la formation de l'ammoniaque aux dépens de ce dernier corps. Cette origine faisant défaut dans mes expériences, il y a lieu de penser qu'il s'agit d'une réduction du nitrate.

» Les traces d'azote albuminoïde qui pourraient exister comme impuretés dans la liqueur ne suffiraient pas à expliquer une quantité d'ammoniaque assez considérable pour dépasser, dans certains cas, en poids d'azote, la moitié de celui du nitrate mis en expérience.

» Comment le nitrate est-il consommé ? C'est une question sur laquelle je reviendrai ultérieurement. Mais on peut, dès à présent, remarquer que, dans un sol aéré et dans les conditions de température élevée qui se trouvent si fréquemment réalisées par les fermentations des fumiers, l'azote nitrique peut, sous l'action du *Bacillus subtilis*, passer à l'état d'azote ammoniacal. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le parasitisme des levures, dans ses rapports avec la brûlure du Sorgho*. Note de M. **Radais**, présentée par M. Guignard.

« Les tissus des divers organes du Sorgho sucré peuvent, dans certaines conditions qui ne paraissent pas encore parfaitement connues, devenir le siège d'une production intense d'un pigment rouge qui les imprègne. Les cellules meurent et deviennent friables : c'est la maladie du Sorgho brûlé (*Sorghum blight, Hirsebrand*).

» Cette maladie est signalée d'abord en Italie par Palmeri et Comes [2], qui en attribuent la cause au développement de Saccharomycètes et de Bactéries. Plus tard, en Amérique, Burril (1887) étudie de nouveau la brûlure et, après avoir isolé des tissus malades une bactérie sporifère, tente, avec peu de succès d'ailleurs, des expériences d'infection sur plantes saines. Kellermann et Swingle [3] obtiennent des résultats plus probants et concluent au parasitisme du *Bacillus Sorghi* Burril. Enfin,

---

(1) *The action of some specific microorganisms on nitric acid* (*Journ. of chem. Society*, t. LIII, p. 373; 1888).

(2) *Notizie preliminari sopra alcuni fenomeni di fermentazione del Sorgo saccarino vivente* (*Accad. d. Sc. fis. e mat. di Napoli*, fasc. 12; 1883).

(3) *Report of Bot. Depart. of the Kansas Stat. agricult. Coll.*; 1888.

récemment, F.-F. Bruyning [1] contredit les affirmations des auteurs précédents et place la maladie du Sorgho, sans preuves d'infection à l'appui, sous la dépendance exclusive de deux nouvelles bactéries chromogènes qu'il isole des tissus malades.

» La présente Note est l'exposé succinct d'expériences propres à démontrer que les phénomènes de brûlure du Sorgho peuvent avoir pour cause le développement parasitaire de levures dans les tissus de la plante.

» Des tiges de Sorgho brûlé, provenant d'Algérie [2], ont servi de point de départ pour ces recherches. Par l'examen microscopique direct, on met en évidence, dans les cellules et dans les méats intercellulaires de la tige, une petite levure ovoïde, bourgeonnante, de $1^{\mu},5$ sur $2^{\mu},5$ en moyenne. Cette levure a pu être isolée à l'état pur. Les premières cultures ont été obtenues en ensemençant, dans du bouillon de bœuf glucosé, le suc rouge et les fragments de cellules prélevés purement, au centre d'une section fraîche de tige, pratiquée avec un scalpel flambé. De multiples isolements ultérieurs, au moyen des boîtes de Petri au bouillon sucré gélatinisé, ont donné, à l'exclusion de tout autre organisme, des colonies blanches formées par une levure morphologiquement identique à celle qui avait été observée dans le Sorgho malade.

» Cette levure se cultive bien dans les milieux sucrés (glucose ou saccharose). Ensemencée dans le moût de raisin, elle se montre ferment alcoolique faible, le pouvoir ferment s'accroissant d'ailleurs légèrement par une série de réensemencements sur le même milieu. Cultivée en surface sur carotte, sur pomme de terre, sur divers milieux sucrés solidifiés par la gélatine ou la gélose, la levure croît lentement en colonies blanches, crémeuses. Mes essais pour obtenir des ascospores ayant été infructueux, je ne puis, quant à présent, ranger cette levure parmi les *Saccharomyces* vrais.

» Cet organisme peut-il se développer dans les tissus du Sorgho sain et y provoquer l'apparition des symptômes de la brûlure? Les expériences suivantes prouvent qu'il en est ainsi, au moins pour la tige de la plante.

» Des plants de Sorgho sucré, provenant de semis de graines et cultivés en serre chaude, ont été inoculés avec des cultures pures de la levure isolée du Sorgho d'Algérie atteint de brûlure. Toutes les précautions d'asepsie ont été prises pour éviter l'introduction de microbes étrangers dans la plaie. Dans tous les cas, la levure s'est développée et multipliée dans les méats et à l'intérieur des cellules non blessées par l'aiguille à injection jusqu'à une distance de 10^{mm} à 15^{mm} au-dessus et au-dessous du point d'inoculation. L'aspect microscopique est celui qu'on observe dans les tissus des Sorghos spontanément infectés; de même aussi, la lésion est rendue visible par la coloration rouge du parenchyme et des faisceaux libéroligneux. Ces derniers drainent

---

(1) *La brûlure du Sorgho*, etc., *et les bactéries qui la provoquent* (*Arch. Néerland.*, 4e et 5e livr., p. 297-330; 1898).

(2) Ces tiges ont été envoyées au laboratoire de Botanique de l'École de Pharmacie par M. le professeur Trabut. M. le professeur Guignard a eu l'obligeance de m'en confier l'examen.

la matière colorante dans toute la longueur de l'entrenœud, bien au delà de la région infectée, de sorte que l'apparition du pigment en un point du tissu n'est pas un signe certain de la présence du parasite en ce point. Les faisceaux et le parenchyme coloré qui les entoure immédiatement sont, à la périphérie de la tige, visibles par transparence à l'intérieur et figurent les longues traînées rouges superficielles que l'on observe dans la brûlure spontanée du Sorgho.

» Dans ces expériences, des isolements du parasite aux dépens de la moelle attaquée ont montré, pour contrôle, que la levure parasite était celle dont les cultures avaient servi de point de départ.

» Il est probable que la réserve sucrée des cellules du Sorgho constitue l'aliment principal du parasite. Malheureusement, le volume restreint et surtout difficile à délimiter des portions de tissu infecté n'a pas permis d'apprécier, à ce point de vue, les changements apportés par le parasitisme dans la composition chimique de la plante.

» D'autres levures peuvent-elles produire chez le Sorgho de semblables phénomènes de parasitisme? Les expériences suivantes répondent par l'affirmative.

» Des inoculations dans la tige de Sorghos sains ont été faites aseptiquement, au moyen de cultures pures d'une levure de vin [levure ronde de Champagne (Bouzy)]. Le parasitisme s'est affirmé dans les mêmes conditions que précédemment, la levure se développant dans les méats et dans les cellules de la moelle de la tige avec production concomitante du pigment rouge caractéristique, drainé par les faisceaux dans tout l'entrenœud.

» Il est d'observation courante qu'un traumatisme, exercé sur les tissus du Sorgho, développe autour du point lésé une coloration rouge. Il importait de préciser, dans les expériences précédentes, le rôle de la lésion locale provoquée par l'aiguille à inoculation.

» Des piqûres aseptiques dans la moelle de la tige de Sorghos sains ont été pratiquées dans des conditions identiques à celles des essais d'inoculation. Le liquide d'ensemencement seul faisait défaut. Le pigment apparaît dans les cellules blessées; mais il est peu abondant et rigoureusement localisé à la blessure. La quantité de matière colorante ainsi produite ne peut être drainée par les faisceaux et se propager au delà du point précis de la lésion. L'expérience montre toutefois que la propriété chromogène appartient aux cellules blessées du Sorgho et non au parasite.

» Des faits précédents on peut conclure :

» 1° Que des levures peuvent se développer dans les cellules vivantes du Sorgho;

» 2° Que le parasitisme de ces levures peut provoquer une coloration rouge intense des tissus de la plante. Cette coloration est la même que

celle qu'on observe dans la maladie du Sorgho dite de la *brûlure*. La production pigmentaire appartient à la cellule lésée et le parasite n'y prend part que par la lésion même qu'il produit.

» Ces résultats confirment l'ancienne hypothèse de Palmeri et Comes qui, observant des phénomènes de fermentation du jus rouge de la moelle des Sorghos brûlés, en avaient conclu à l'action parasitaire de Saccharomycètes, sans en donner la preuve expérimentale.

» Les mêmes faits ne sont pas d'ailleurs en contradiction avec les expériences de Burrill, Kellermann et Swingle. On comprend en effet que, la coloration rouge étant le résultat d'une fonction chromogène propre aux cellules lésées de la plante, divers parasites, levures ou bactéries, puissent, en se développant dans les tissus, y provoquer, par une lésion continue, une quantité notable de pigment.

» Par contre, il faut faire toutes réserves au sujet des conclusions de Bruyning qui, attribuant aux bactéries elles-mêmes la fonction chromogène, refuse à tout microrganisme dépourvu de cette fonction, en dehors de la plante attaquée, le pouvoir de provoquer les phénomènes de brûlure du Sorgho. »

MINÉRALOGIE. — *Explication des macles obtenues par action mécanique.* Note de M. **Fréd. Wallerant**, présentée par M. Fouqué.

« M. Liebisch a proposé une théorie des macles obtenues par action mécanique; il admet que, dans cette déformation, chaque point du cristal éprouve une translation proportionnelle à sa distance à un plan, le plan de glissement, et parallèle à une droite fixe de ce plan. En réalité, cette façon de concevoir le phénomène ne s'applique qu'aux déformations de corps isotropes ou des figures géométriques, telles que le réseau d'un corps cristallisé; elle ne permet nullement d'expliquer comment il se fait que la particule complexe se trouve, après la transformation, dans une position symétrique par rapport au plan de glissement de celle qu'elle occupait primitivement. Aussi admet-on généralement que le réseau éprouve la déformation indiquée par M. Liebisch et que la particule complexe tourne de 180° autour d'un axe perpendiculaire au plan de glissement. Mais, outre qu'il est surprenant que les particules complexes, étant à 180° de leur position d'équilibre, ne se trouvent pas, par cela même, en dehors des limites de stabilité, il ne faut pas oublier que cette rotation ne

les amène dans une position symétrique, par rapport au plan de glissement, que si elles possèdent un centre; or, dans la pyrargyrite, on observe des macles produites par action mécanique, quoique sa particule complexe ne possède pas de centre. L'explication proposée, en admettant qu'elle fût exacte dans certains cas, ne serait donc pas générale.

» Au contraire, des considérations que j'ai exposées dans une Note précédente sur l'origine des macles se déduit une explication très simple des macles obtenues par action mécanique.

» Considérons, en effet, un plan réticulaire du réseau dont les nœuds coïncident avec les centres de gravité des particules complexes, et soient OA une rangée conjuguée de ce plan, OA′ la droite symétrique de OA par rapport à la normale au plan. Faisons subir au réseau la déformation indiquée par M. Liebisch, le plan réticulaire étant le plan de glissement et de telle sorte que OA vienne coïncider avec OA′. Deux cas peuvent se présenter : dans le premier, le plan réticulaire est un plan de symétrie du réseau qui se retrouve en coïncidence avec lui-même; dans le second, le plan réticulaire est un plan quelconque, et, après la déformation, le réseau occupe une position symétrique par rapport au plan de sa position primitive. Or, si, dans la déformation, les particules complexes, *possédant un plan-symétrie parallèle au plan réticulaire,* éprouvent une simple translation égale et parallèle à celle de leur centre de gravité, dans le premier cas, le réseau et les particules auront même orientation après la déformation qu'avant celle-ci, et il en sera de même du corps cristallisé. C'est le cas observé par M. Mügge dans le gypse, où l'on peut déterminer des glissements parallèles à g^1 avec translation parallèle, soit à l'axe vertical, soit à une droite perpendiculaire, sans modifier l'orientation du cristal.

» Dans le second cas, au contraire, après la déformation, le réseau et les particules possèdent une orientation symétrique par rapport au plan de glissement de leur orientation primitive; il en est, par suite, de même du cristal. Dans ce dernier cas, il n'est pas nécessaire que la particule possède réellement un plan de symétrie : il suffit qu'elle possède un plan de symétrie limite. Alors, en effet, elle possède des éléments de symétrie limites, symétriques par rapport à ce plan de ceux qu'elle possède réellement. Après la translation, ce sont les éléments de symétrie limites qui coïncident avec les éléments de symétrie du réseau; les particules fondamentales constituant la particule complexe ne se trouvent donc pas dans une position d'équilibre, mais elles s'en trouvent très près; il se pourra que l'écart entre leur position et la position d'équilibre soit inférieur à celui permis par la

stabilité d'équilibre; dans ce cas, elles viendront d'elles-mêmes occuper cette position d'équilibre et le nouvel édifice sera symétrique du premier par rapport au plan réticulaire commun.

» En général, on ne peut reconnaître l'existence de plan de symétrie réel ou limite de la particule déficiente au réseau, et, par suite, prévoir la possibilité de macler mécaniquement le cristal. L'existence du plan-limite de la particule est cependant mise en évidence, lorsque ce plan-limite existe également dans le réseau, et, par suite, dans le cristal. C'est ainsi que les feldspaths se maclent mécaniquement par rapport au plan g^1 qui est un plan de symétrie limite, les chlorure et bromure de baryum hydratés, par rapport aux plans p et h^1 qui sont deux plans-limites, etc. Il est un autre cas, où l'on peut prévoir le plan-limite : lorsque le plan de symétrie existe dans le réseau sans exister dans la particule, mais qu'il y apparaît lorsque l'on chauffe le cristal. Guidé par ces considérations théoriques, j'ai pu constater la possibilité de macler mécaniquement la leucite et la boracite. Il suffit de promener la pointe d'une aiguille sur une lame de cette dernière substance taillée parallèlement à la face d'un tétraèdre pour faire naître des lamelles hémitropes que l'on fait disparaître avec la même facilité et, certainement, la plupart des lamelles hémitropes observées dans une lame de boracite sont produites pendant la taille. M. G. Friedel a, de même, montré que le chloro-aluminate de calcium se macle avec la plus grande facilité et qu'il en résulte des cristaux orientés à 120°. Or la particule de ce corps possède, à la température de 36°, trois plans de symétrie à 120°; par refroidissement, un seul subsiste réellement, les deux autres devenant des plans-limites; mais par la déformation, c'est tantôt l'un, tantôt l'autre de ces plans qui devient le plan de symétrie réel et tout se passe comme si la particule tournait de 120°, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. »

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Variation de l'acuité visuelle avec l'azimut. Modification de la section droite des cônes par l'accommodation astigmatique.* Note de M. **André Broca**, présentée par M. Marey.

« Ayant entrepris, il y a quelques mois, une série d'études sur l'acuité visuelle, je fus conduit à employer le test objet le plus simple, c'est-à-dire des traits noirs sur fond blanc, disposés tant pleins que vides. Les traits noirs sont découpés au canif, et l'objet placé dans la chambre noire est éclairé par devant. C'est le meilleur procédé pour avoir des traits d'un

noir absolu. Cet objet est découpé assez grand, pour la facilité de la construction, et un objectif photographique en donne une petite image placée sur la verticale du zéro d'un banc d'optique. Un support ordinaire se meut sur ce banc et porte un tube oculaire dont on applique la tranche sur l'orbite pour fixer l'œil. On écarte l'œil en le maintenant contre le tube oculaire et, au moment où l'on cesse de distinguer les traits noirs sur fond blanc, on note la distance lue au moyen du repère du support. L'inverse de cette distance est proportionnel à l'acuité visuelle.

» On détermine ainsi l'acuité visuelle à 2 ou 3 pour 100 près. J'ai trouvé que mon acuité visuelle pour les traits verticaux était de 20 pour 100 plus faible que pour les traits horizontaux.

» J'ai alors poussé cette étude plus loin, en étudiant la variation de l'acuité suivant l'azimut des traits à distinguer.

» Pour expliquer les différences trouvées, deux hypothèses sont à examiner. L'une est une variation suivant l'azimut du diamètre de l'élément anatomique de la rétine. Nous savons en effet que, d'après les idées reçues et bien vérifiées sur ce sujet, on cesse de percevoir un détail déterminé, quand la grandeur de son image rétinienne est inférieure au double du diamètre d'un élément sensible de la rétine.

» L'autre hypothèse est une variation de la grandeur de l'image rétinienne due à l'astigmatisme de l'œil. Examinons celle-ci d'abord.

» Soit un œil astigmate; nous le corrigeons avec une lentille cylindrique placée aux environs du foyer antérieur de l'œil. On sait que, dans ce dernier cas, et pour un système sphérique, on ne modifie pas la distance focale du système, qui reste la même qu'avant la correction, mais qu'on déplace seulement la position du foyer. La grandeur de l'image finale est donc la même avant ou après interposition du verre; mais, dans le second cas, elle est sur la rétine.

» Ce que nous venons de dire peut se répéter pour chacun des méridiens d'un œil astigmate. Après correction, les rayons issus d'un point sont homocentriques sur la rétine, mais les distances focales dans les divers azimuts sont les mêmes qu'avant la correction. Ceci est exact, à des quantités négligeables près, dans le cas de mon œil qui a 1,75 dioptrie d'astigmatisme. Considérons donc un trait d'épaisseur déterminée; la grandeur de l'image rétinienne de cette épaisseur sera d'autant plus petite que la courbure du méridien correspondant de l'œil sera plus grande. Si donc les traits examinés sont parallèles au méridien de plus faible courbure, l'épaisseur de leur image rétinienne sera plus petite que dans toute autre position, et l'acuité correspondante sera minimum.

» Cela est aisément vérifiable pour les astigmates d'environ 1,5 dioptrie. Ceux-ci peuvent voir nettement, soit avec leur verre correcteur, soit sans verre correcteur. Dans ce cas, le cristallin accommode irrégulièrement et compense l'astigmatisme cornéen. La correction, se faisant par deux surfaces très voisines, est alors complète, et l'on voit facilement que ce qui semble un carré pour l'œil corrigé par une lentille cylindrique devient pour l'œil nu un rectangle allongé parallèlement à la faible courbure.

» L'expérience est contraire à notre première hypothèse, car le maximum d'acuité a lieu précisément pour les lignes parallèles au méridien de plus faible courbure. Examinons donc la seconde.

» Nous pouvons interpréter aisément les résultats de l'expérience. En effet, la connaissance des distances mesurées pour l'évanouissement des traits noirs et celle de l'astigmatisme pour l'azimut considéré permettent de connaître l'épaisseur des images des traits lumineux sur la rétine. On peut porter sur le papier, à partir d'un centre, des droites d'inclinaison voulue, et à des distances du centre proportionnelles aux épaisseurs ainsi calculées. On aura, en prenant l'enveloppe de toutes ces droites, ce que j'appelle *la forme fonctionnelle de l'élément rétinien*. Nous allons voir en effet que ce n'est pas la forme géométrique même de cet élément. Pour mon œil droit, la forme fonctionnelle est un rectangle peu allongé parallèlement au méridien de plus faible courbure, et dont les côtés auraient pris une légère convexité. Il y a donc deux maximums d'acuité, dans les deux sections principales de l'œil, le plus grand ayant lieu pour les traits parallèles à la faible courbure, et deux minimums correspondant aux diagonales du rectangle.

» Or Helmholtz a montré que, au moment de disparaître, l'image d'un fil fin prenait la forme d'une ligne brisée indiquant nettement la forme hexagonale des éléments rétiniens.

» Nous allons montrer que cela n'est pas contraire à ce qui précède.

» En effet, Charpentier a établi expérimentalement que tout objet, quel que soit son éclairage, n'est plus vu quand ses dimensions sont assez petites.

» Donc une ligne blanche dudit objet impressionnera un élément quand elle aura formé avec son contour une aire de surface constante, pour un éclat déterminé de cette ligne blanche. Donc la forme réelle de l'élément s'obtiendra en menant un contour qui forme, avec chacune des droites que nous avons mises en position sur le papier, une aire de surface constante.

» Ce problème se discute aisément par le calcul. On voit immédiatement qu'on ne peut avoir une ligne à courbure réguliére, car avec une telle ligne

les angles de la courbe fonctionnelle ne seraient pas compréhensibles. La forme géométrique est donc une ligne brisée. La Géométrie élémentaire montre que la courbe dont la tangente fait avec deux droites fixes un triangle d'aire constante est une hyperbole ayant les droites fixes pour asymptotes. En employant ce résultat, on voit que la seule forme géométrique du contour d'un élément rétinien, compatible avec sa forme fonctionnelle, est celle d'un hexagone allongé dans le sens du méridien de plus faible courbure.

» L'interprétation de ce fait me semble devoir être la suivante : l'œil astigmate qui fonctionne sans verre correcteur accommode irrégulièrement, la tension du muscle ciliaire étant plus forte sur le méridien de plus faible courbure. Les membranes de l'œil ne sont donc plus isotropes, et il est probable que les éléments anatomiques subiront une déformation correspondante. Dans le cas de mon œil droit, cela se vérifie bien. Il n'est en effet corrigé que depuis peu d'années; il avait fonctionné jusque-là fort bien grâce à une accommodation irrégulière. Mon œil gauche, au contraire, qui a 4,25 dioptries d'astigmatisme, pour lequel toute accommodation irrégulière était inutile avant correction, ne présente aucune variation notable de son acuité visuelle avec l'azimut. Deux personnes douées, l'une d'un faible astigmatisme, l'autre d'une trace d'astigmatisme seulement, m'ont accusé toutes deux une différence notable d'acuité entre les verticales et les horizontales. Je ne les ai pas soumises à l'examen complet qui exige des mesures très nombreuses et très fatigantes.

» Outre le côté théorique que je viens de faire ressortir, il est un côté pratique à la question : c'est que, pour faire les meilleurs pointés possibles sur un croisement de fils de réticule, il est bon d'incliner les fils suivant les méridiens principaux d'astigmatisme, même quand cet astigmatisme est très faible. »

PHYSIOLOGIE. — *Influence d'une légère traction sur l'excitabilité du nerf.* Note de M. G. Weiss, présentée par M. Marey.

« On a démontré, par un grand nombre d'expériences, qu'une traction exercée sur un muscle augmente l'excitabilité de ce muscle. C'est ainsi, par exemple, qu'un muscle légèrement chargé donne, pour une même excitation, une secousse plus haute qu'un muscle entièrement libre.

» Ce phénomène joue un rôle très important dans les théories de la

contraction musculaire qui ont été émises depuis quelques années; il y avait lieu de se demander comment une traction agit sur l'excitabilité du nerf.

» Pour cela, je coupai la patte d'une forte grenouille au niveau du genou, en respectant le nerf sciatique. Ce nerf isolé avec soin, en évitant toute traction, fut lui-même coupé à la partie supérieure de la cuisse, et la préparation placée sur le haut d'un tube en verre dans l'intérieur duquel pendait le nerf, le pied tourné vers le haut et la section du membre reposant directement sur le bord supérieur du tube. Les parois de ce tube étaient mouillées pour maintenir autour du nerf une atmosphère humide et le préserver ainsi de toute dessiccation. Avant de mettre la préparation en place, j'avais fixé dans le nerf, au voisinage de l'extrémité coupée, un petit crochet en fil de platine de $\frac{1}{10}$ de millimètre de diamètre, par conséquent très léger, et muni d'un long prolongement prenant contact dans un bain de mercure. Le nerf était écrasé à la pince à une certaine distance du crochet de platine pour éliminer les irritations locales pouvant se produire au contact de ce crochet. Comme excitation, je me servais de la décharge d'un condensateur dont les armatures étaient reliées l'une au bain de mercure, l'autre à un point quelconque de la patte. Pour reconnaître les moindres indices de la contraction, le gastrocnémien était détaché au tendon d'Achille et fixé à un myographe isotonique.

» L'expérience étant ainsi disposée, on réglait le potentiel de charge du condensateur de façon à se trouver au seuil de l'excitation, puis on en augmentait l'intensité jusqu'à avoir une secousse très nette. Si en ce moment on suspendait au fil de platine un poids d'environ $0^{gr},8$ toute secousse disparaissait, pour renaître avec sa grandeur première aussitôt que l'on enlevait le poids tenseur, et ainsi de suite. Cette expérience répétée sur diverses grenouilles ne laisse aucun doute : une traction exercée sur le nerf diminue l'excitabilité de ce nerf.

» Mais il y a lieu de se demander si c'est réellement l'excitabilité du tronc nerveux qui est affaiblie ou si la légère traction exercée sur le nerf a rendu la transmission de l'excitation du nerf au muscle plus difficile, si l'on peut admettre, par exemple, qu'il y a un petit décollement passager des plaques terminales.

» Il me semble que cette dernière hypothèse doive être absolument rejetée. En effet, les filets nerveux suivent en passant dans le muscle un trajet trop sinueux pour qu'une légère traction puisse se propager ainsi jusqu'aux plaques. En second lieu, il semble résulter clairement de travaux récents, en particulier de ceux d'Apathy, que la plaque motrice n'est pas la terminaison périphérique du nerf. Il paraît certain que les fibrilles du cylindre axe se prolongent à travers la plaque motrice et se ramifient dans les fibres musculaires en s'anastomosant avec les fibrilles provenant de plaques voisines. Il n'y aurait ainsi, à proprement parler, pas de terminaisons ner-

veuses, le muscle contenant un véritable réseau dont les mailles seraient constituées par les fibrilles ayant passé à travers les diverses plaques motrices. Dans ces conditions il ne peut plus être question de décollement des plaques, et l'affaiblissement de l'excitabilité produit par une légère traction exercée sur un nerf doit être attribué uniquement à une action directe produite sur le tronc nerveux. »

ZOOLOGIE. — *Sur le développement de* la Convoluta Roscoffensis *Graff* (¹). Note de M. **Jivoïn Georgévitch**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Grâce aux travaux de Delage et de Graff l'anatomie de la *Convoluta Roscoffensis* Graff a été bien étudiée, tandis que le développement est resté jusqu'à présent parfaitement inconnu.

» J'ai eu l'occasion d'étudier, pendant le mois d'août de l'année passée, dans le laboratoire si bien installé de Roscoff, le développement des *Convoluta,* dont je vais décrire ici les premières phases.

» La maturation et la fécondation de l'œuf s'accomplissent dans le corps de l'animal. Les globules polaires se résorbent bientôt, ce qui explique pourquoi on ne les voit jamais sur les œufs pondus. Chaque œuf pondu est entouré d'une capsule transparente et ordinairement des groupes de cinq à douze œufs sont aussi enveloppés dans un cocon commun, également transparent. Rarement, et l'on peut dire que c'est le cas exceptionnel, il y a un seul œuf pondu. La ponte s'effectue de préférence de bon matin ou vers le soir. Peu après l'œuf commence à se diviser, d'abord en deux blastomères d'une grandeur égale. Après un court temps de repos ces deux blastomères en donnent par division deux autres beaucoup plus petits, qui se placent dans le plan de la première division. Entre ces quatre blastomères existe une petite cavité de segmentation, qui à partir de ce moment devient de plus en plus petite pour disparaître définitivement au stade à huit blastomères. Les deux petits blastomères (ectoderme) indiquent la partie dorsale, tandis que les deux plus grands (endoderme) indiquent la partie ventrale du futur animal.

» Après un court repos les cellules endodermiques donnent, en se divisant latéralement, deux autres cellules intermédiaires comme grandeur entre les blastomères ectodermiques et endodermiques. Elles représentent les initiales du mésoderme. Immédiatement après, les deux blastomères ectodermiques en produisent deux autres, ce qui porte le nombre total à huit blastomères. L'embryon est au stade blastula.

» Survient l'état de repos pendant lequel les cellules se rangent et se tassent de telle manière que les deux cellules endodermiques occupent le milieu de la partie inférieure

(¹) Travail fait aux laboratoires de Zoologie de Roscoff et de la Sorbonne.

de la blastula ; les deux cellules mésodermiques sont latérales et un peu en haut, les cellules ectodermiques occupent la partie supérieure.

» Au stade suivant les quatre blastomères ectodermiques en donnent quatre autres par division, les deux mésodermiques deux nouvelles, tandis que les deux cellules endodermiques restent indivises. En même temps, tout porte à croire qu'il y a une invagination de l'endoderme. Cependant cette invagination est partielle, car, au stade suivant, la gastrula s'achève par épibolie. En effet, les cellules ectodermiques l'emportent en nombre sur les autres qu'elles recouvrent peu à peu de tous côtés.

» A partir du stade à dix-huit cellules il est impossible de compter le nombre des différentes blastomères, tellement la division des blastomères ectodermiques est rapide. Pendant ce temps, les deux cellules endodermiques donnent naissance du côté inférieur à deux autres cellules qu'on peut nommer *endoderme primaire,* à l'instar de ce que Lang a décrit chez les Polyclades sous le nom de *Uhrendoderm.*

» Nulle part je n'ai vu sur les coupes de ces gastrula ni l'écartement de deux blastomères endodermiques pour former le cœlentéron, ni la formation du cœlome dans les cellules mésodermiques, comme Pereyaslawzewa ([1]) a décrit pour *Aphanistoma* et d'autres Turbellariées de la mer Noire. Ceci s'entend des gastrula à plusieurs cellules endodermiques, de sorte qu'on peut dire que la gastrula est dès le commencement pleine, et ce caractère persiste chez l'animal parfaitement formé.

» Ensuite, les cellules endodermiques subissent un grand nombre de divisions et en ce moment il y a lieu de distinguer une partie centrale claire avec des noyaux peu nombreux, et qui représente l'endoderme, et une partie périphérique avec des noyaux très nombreux qui entoure de tous côtés la première et qui représente l'ectoderme plus le mésoderme. Ce qui deviendra le parenchyme central ([2]) de l'animal adulte est représenté uniquement par l'endoderme. Le parenchyme périphérique est d'origine mésodermique, et de ses cellules proviennent les muscles et les organes génitaux ; le développement de ces derniers n'a pu être suivi entièrement, vu la ressemblance avec les cellules environnantes.

» Le système nerveux naît de l'ectoderme dans la partie antérieure du corps qui est beaucoup plus développée chez l'embryon que chez l'animal adulte.

» Le développement complet de l'otocyste et de l'organe central m'a échappé, mais de quelques observations que j'ai faites je puis croire qu'ils sont d'origine ectodermique.

» Aussitôt que la gastrula est formée, les cellules ectodermiques se revêtent de cils vibratiles et l'on voit les embryons tourner dans l'intérieur de la capsule. Le lendemain de la ponte les embryons quittent la capsule et émigrent dans l'eau ambiante. Ils son texempts de zoochlorelles, et c'est seulement en nageant dans l'eau où se trouvent les animaux adultes qu'ils s'en infectent.

» J'ai fait des expériences afin de voir si les embryons peuvent atteindre l'état adulte sans les zoochlorelles. Ils meurent très vite dès que les ré-

---

([1]) S. Pereyaslawzewa, *Monographie des Turbellariées de la mer Noire*. Odessa.

([2]) L. von Graff, *Organisation der Turbellaria Acœla,* p. 23; 1891.

serves nutritives sont épuisées, ce qui prouve que les *Convoluta* ne peuvent se passer de zoochlorelles commensales. »

ZOOLOGIE. — *Sur trois Orthonectides nouveaux, parasites des Annélides, et l'hermaphrodisme de l'un d'eux* (Stœcharthrum Giardi *n. g.*, *n. sp.*). Note de MM. **Maurice Caullery** et **Félix Mesnil**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Le groupe des Orthonectides a été créé par Giard, en 1877, pour des animaux parasites internes d'une Ophiure. Il ne comprend jusqu'ici qu'un petit nombre de types. Deux espèces sont assez bien connues : la *Rhopalura Giardi* Metchn., parasite de l'*Amphiura squamata* et la *Rh. Intoshi* Metchn., parasite du *Nemertes lacteus*. Parmi leurs particularités les plus saillantes, nous signalerons le dimorphisme sexuel très marqué, que Metchnikoff y a mis en évidence. On connaît peu de choses sur les autres espèces, l'une vue par Mac Intosh chez un Némertien, l'autre par Keferstein chez une Planaire, une troisième par de Saint-Joseph chez une Annélide (*Pterocirrus macroceros*); une quatrième a été entrevue par Fauvel aussi chez une Annélide (*Ampharete Grubei*). Nos connaissances sur la morphologie et l'embryogénie du groupe sont dues à Giard, Metchnikoff et Julin. Les Orthonectides sont des êtres très inférieurs dont les affinités les plus proches sont avec les Dicyémides (parasites des reins des Céphalopodes). De ces deux groupes, quelques auteurs, notamment Ed. van Beneden, font les Mésozoaires, embranchement intermédiaire entre les Protozoaires et les Métazoaires à trois feuillets, tandis que d'autres, et nous nous rattacherions plutôt à cette opinion, attribuent la simplicité de structure des Dicyémides et des Orthonectides à une régression causée par le parasitisme et regardent ces animaux comme des Vers plats dégradés. Ce sont, en tout cas, des formes très intéressantes.

» Nous avons eu dernièrement l'occasion de rencontrer, chez des Annélides Polychètes, trois nouvelles espèces d'Orthonectides, dont l'une s'écarte notablement des types déjà connus. Toutes trois proviennent de la région voisine du cap de la Hague (Cotentin).

» I. La première est parasite dans la cavité générale de la *Spio Martinensis* Mesn. Elle pullule dans les individus infestés, mais ils sont rares. Cet Orthonectide ne diffère pas beaucoup de ceux déjà connus. Il se rapproche surtout de l'espèce signalée par Mac Intosh chez un Némertien. La *femelle*, entièrement ciliée, est cylindrique et

mesure environ 100 μ de longueur sur 20 μ de largeur. Elle se décompose en un certain nombre de bandes annulaires, d'abord une région antérieure légèrement conique avec 3 rangées de cellules, puis 2 petits anneaux, et enfin 8 autres plus grands séparés les uns des autres par des sillons bien marqués. Sous la couche de cellules externes ciliées se trouve, suivant l'axe de l'animal, une rangée unique de grandes cellules à gros noyaux vésiculeux : ce sont les ovules. Ils s'étendent sur toute la longueur. Le *mâle,* uniformément cilié, est globuleux et beaucoup plus petit (25 μ sur 16 μ). Les deux tiers postérieurs du corps sont occupés par une poche remplie de spermatozoïdes.

» Dans l'Annélide, les Orthonectides sont groupés dans des sortes de sacs plasmodiques et chacun de ceux-ci renferme un grand nombre d'individus, *à la fois des mâles et des femelles.* Nous rangeons cette espèce dans le genre *Rhopalura.* Nous l'appellerons *Rh. Metchnikovi.*

» II. La deuxième espèce a été trouvée dans le cœlome de la *Scolelepis fuliginosa* (Clpde), un autre Spionidien. Les animaux infestés sont aussi très rares. La *femelle,* qui est cylindrique, mesure environ 125 μ de longueur sur 15 μ de largeur. Le corps, entièrement cilié, se décompose en une quarantaine d'anneaux très courts. Sous la couche externe, se trouve une rangée axiale de huit à dix gros ovules; mais cette file d'ovules n'occupe que les deux tiers postérieurs du corps. En avant, elle est remplacée par un tissu formé de cellules petites et nombreuses (en partie, probablement, musculaires). Le *mâle* a une taille un peu inférieure à la moitié de celle de la femelle. Il mesure environ 60 μ de long sur 15 μ de large. Les spermatozoïdes remplissent une poche au voisinage de l'extrémité postérieure. Nous placerons aussi cette espèce, au moins provisoirement, dans le genre *Rhopalura* et l'appellerons *Rh. Julini.*

» III. La troisième espèce est beaucoup plus intéressante. Elle est parasite dans le cœlome d'un Aricien, le *Scoloplos Mülleri* Rathke. Dans l'unique station où nous l'avons rencontrée, elle infeste environ un individu sur quatre ou cinq, et y est alors très abondante. C'est une forme très allongée, atteignant jusqu'à 800 μ de long sur 15 de large. Le corps se compose d'une file de 60-70 anneaux subégaux; l'aspect général rappelle des perles enfilées et rapprochées les unes des autres. L'extrémité antérieure est légèrement pointue; elle se compose de 4 anneaux; puis en viennent 4 autres offrant de nombreux granules blanc opaque, analogues à ceux réfringents qui existent à la même place chez le mâle de la *Rh. Giardi.* Les anneaux suivants sont tous semblables; ceux de l'extrémité postérieure, qui est légèrement effilée, sont un peu plus étroits. Chaque anneau porte postérieurement une couronne de cils. A chacun correspond, dans l'axe du corps, un gros ovule dont le noyau se colore d'une façon diffuse et dont le protoplasme est rempli de petits grains chromophiles. De même que chez l'espèce précédente, les ovules ne s'étendent pas jusqu'à l'extrémité antérieure; les 10-12 premiers anneaux et aussi les 3-4 derniers sont remplis par un tissu axial formé de petits éléments allongés, probablement musculaires.

» Nous avons observé des centaines d'individus de ce parasite, provenant de trente *Scoloplos* environ. Nous n'avons jamais trouvé d'autre forme que celle que nous venons de décrire et qui a l'apparence d'une femelle. Nous croyons pouvoir affirmer l'absence d'une forme mâle, étant donnés le nombre des parasites examinés et surtout le nombre des hôtes d'où ils proviennent. Et cela, d'autant mieux que la forme que

nous venons de décrire est, en réalité, non pas femelle, mais *hermaphrodite*. En effet, immédiatement en avant du premier ovule d'une part, et, d'autre part, en arrière du dernier, on distingue un paquet de petites cellules très colorables qui ont *absolument* le même aspect que le testicule chez le mâle des autres espèces. Il y a donc ici deux testicules constants, l'un antérieur, l'autre postérieur (ce dernier manque pourtant dans un petit nombre de cas). Quelquefois, il en existe un troisième qui occupe un ou deux anneaux vers le milieu du corps. Les spermatozoïdes mûrs s'infiltrent tout le long de l'animal, entre les ovules et l'épiderme (¹).

» Cet hermaphrodisme est un fait très inattendu; toutes les autres espèces d'Orthonectides étant caractérisées par un dimorphisme sexuel très marqué. L'espèce actuelle est donc, tant par son aspect général que par cette particularité, un type aberrant dans le groupe. Nous proposons de créer pour elle un genre nouveau que nous nommerons, à cause de la forme de l'animal, *Stoechartrum* (²). L'espèce recevra le nom de *S. Giardi*. Ce sera le type d'une nouvelle famille d'Orthonectides.

» En examinant attentivement la femelle de la *Rh. Julini*, nous avons constaté, immédiatement en avant des ovules, un groupe de cellules qui a le même aspect que le testicule antérieur des *Stoechartrum* en voie de développement et qui occupe la même position. Nous interprétons ces cellules comme un rudiment de testicule. La *Rh. Julini* présenterait donc : 1° des mâles; 2° des femelles ayant tendance à l'hermaphrodisme. L'ensemble de nos connaissances sur les Orthonectides indique de regarder cet hermaphrodisme comme une ébauche surajoutée secondairement au sexe femelle; resté à l'état d'ébauche chez la *Rh. Julini*, il se serait établi définitivement chez les *Stoechartrum* et y aurait entraîné la disparition du mâle.

» Nous ferons remarquer à cet égard que, dans d'autres groupes du règne animal (Mollusques, d'après Pelseneer, etc.), l'hermaphrodisme semble se présenter dans les mêmes conditions. En particulier, un certain nombre de types parasites (Epicarides, Myzostomes) ou fixés (Cirripèdes) offrent, au point de vue des sexes, une série de formes parallèles à celles des Orthonectides.

» Nous ferons observer enfin que, pour les deux premières espèces décrites ci-dessus, nous n'avons reconnu qu'une seule forme de femelles. Julin, chez l'Orthonectide des Ophiures (*Rh. Giardi*) en a décrit deux; les œufs

(¹) Dans toute la région génitale du corps, on ne distingue aucun élément (musculaire ou autre) au-dessous de l'épiderme; celui-ci comprend deux sortes de cellules : petites avec gros nucléole très colorable; allongées avec très petit nucléole.

(²) De στοῖχος, file, et ἄρθρον, article.

de l'une (femelle aplatie) produiraient exclusivement des femelles; ceux de l'autre (f. cylindrique) exclusivement des mâles. L'existence de plasmodes renfermant à la fois des mâles et des femelles, ainsi que Metchnikoff l'a vu chez la *Rh. Intoshi* et que nous l'avons constaté chez la *Rh. Metchnikovi*, est inconciliable avec l'interprétation que Julin donne de ce dimorphisme. S'il existe donc réellement, il est limité à certaines espèces. »

BOTANIQUE ÉCONOMIQUE. — *Sur les graines de l'*Allanblackia floribunda Oliv. *et sur le beurre de* Bouandja *qu'elles contiennent.* Note de M. **Edouard Heckel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Au cours des recherches concernant l'ensemble des graines grasses, nouvelles ou peu connues, du Congo français, l'une d'entre elles m'a paru particulièrement intéressante par sa richesse en un corps gras solide, dont la composition chimique est telle que son emploi serait des plus fructueux dans l'industrie de la stéarine. Elle est fournie par l'*Allanblackia floribunda* Oliver, grand arbre connu seulement jusqu'ici aux environs de Libreville (R. P. Klaine), au Cameroun (Mann), et dont M. Vadon, administrateur colonial, a trouvé un pied fructifère à Boué, dans l'Ogooué, sur le chemin du débarcadère au poste. Les indigènes Pahouins, qui ne font aucun usage de ces graines grasses et disent seulement que les rats en sont très friands, nomment l'arbre Bouandja. L'*Allanblackia floribunda* a été décrit pour la première fois par Oliver (*Flora of tropical Africa*, t. VI, p. 163), et sa description a été complétée, en ce qui concerne le fruit, jusqu'alors inconnu, par M. Pierre (*Bull. de la Soc. Linn. de Paris*, mars 1896, p. 21), puis par une figure, dans les *Icones* de Hooker, tab. 1004.

» Les graines, contenues au nombre de 40 à 50 dans le fruit en forme de melon allongé mesurant 30^{cm} à 35^{cm} de long, sont de forme un peu variable, tantôt polyédriques (solide à faces planes ou convexes) par suite de compression les unes contre les autres, tantôt, et le plus souvent, ovoïdes, allongées et en forme de datte. Elles présentent toujours un grand et un petit axe, avec deux extrémités arrondies : l'une, le sommet de la graine (micropylaire), moins aiguë que l'autre (chalazique) qui en forme la base. Elle est quelquefois, mais rarement, plus courte et ramassée en un trièdre. Couvertes de leur spermoderme, elles ont un poids moyen de 4^{gr} (oscillant entre $3^{gr},5$ et 6^{gr}). Leur longueur est de $2^{cm},5$ à 4^{cm}; leur largeur est de $1^{cm},5$ à 2^{cm}. Le spermoderme crustacé et rougeâtre a une épaisseur de 1^{mm}.

» L'embryon macropode, qui constitue toute la graine, est blanc jaunâtre à l'état frais. Sur une coupe, sa couleur se fonce immédiatement à l'air et passe au chocolat

clair. Une partie ovalaire, placée au centre de la section, reste blanche : c'est la partie médullaire de la tigelle.

» La saveur de cette graine est, non pas amère (Pierre), mais astringente; après quelque temps d'exposition à l'air, elle prend l'odeur de la pomme reinette. Le spermoderme, rouge brique et comme vernissé extérieurement, est sillonné à sa surface de nombreuses veines proéminentes (7 à 8) orientées en ligne droite, de bas en haut de la graine, de la chalaze au micropyle, en donnant à droite et à gauche des ramifications qui s'anastomosent avec leurs voisines. Ce tégument, crustacé et résistant, est très adhérent à l'embryon, surtout à l'état frais : il ne peut en tous cas (frais ou sec) en être séparé que par fragments. Il est constitué par deux zones de cellules sclérifiées colorées en rouge : l'une, formée d'une couche d'éléments qui, en coupe radiale, sont à peu près sphériques, et l'autre, de cellules ovales très allongées à parois ovalaires très épaissies dans le sens radial et disposées en deux et quelquefois trois couches.

» L'embryon présente un tissu peu consistant, offrant au couteau la résistance d'une masse caséeuse, et, après section, une surface lisse et comme marbrée. Il est formé de cellules polyédriques à parois peu épaisses, de couleur jaune verdâtre, contenant, contre les parois, des corpuscules huileux liquides disposés en une couche peu épaisse, tout le reste de la cellule étant rempli par une masse solide blanchâtre formant un seul bloc et présentant des stries rayonnant dans différents sens et d'aspect cristallisé. Traitées par la teinture d'orcanette fraîche, ces cellules colorent leur contenu solide en une teinte rosée uniforme, tandis que les globules d'huile liquide et quelques points de la masse solide se colorent en rouge cerise. Dans la glycérine chauffée, on décèle dans les globules huileux la présence de l'aleurone; avec la teinture d'iode, les corpuscules liquides huileux se colorent en rouge cramoisi, mais on voit apparaître aussi des corpuscules de couleur rouge violacé (*amidon soluble*) qui sont appliqués surtout sur les membranes cellulaires.

» Ces graines entières (pourvues de leur tégument) donnent, après traitement par le sulfure de carbone, 46,80 pour 100 d'un corps gras très solide, à surface libre mamelonnée, à la température ordinaire, de couleur jaune foncé et ayant une densité de 0,9734 à 15°. Le rendement de ce beurre en acide gras de saponification est de 95 pour 100, et en stéarine de saponification de 61,86 pour 100. Le degré de solidification des acides gras de saponification est de 60°,8 et celui de la stéarine de saponification de 68°; le rendement en acides gras de distillation est de 92,35 pour 100 et celui de stéarine de distillation de 79,70 pour 100. Le degré de solidification des acides gras de distillation est de 62°,30 et celui de la stéarine de distillation de 64°,60. Enfin, le rendement en glycérine est de 9,56 pour 100, La stéarine de saponification, après cristallisations successives dans l'alcool, donne un acide gras dont le point de solidification est de 70° : c'est l'acide stéarique pur. De plus, en mélangeant la stéarine de saponification

avec de l'acide stéarique pur, on obtient un corps dont le point de solidification est égal au point arithmétique (70 à 72). Il existe, mêlé à la stéarine dans le corps gras, une proportion d'acide oléique qui peut être évaluée à 12,65 pour 100.

» Le corps gras de l'*Allanblackia floribunda* est donc une oléostéarine augmentée d'une très faible proportion d'autres glycérides indéterminés. Par la quantité de matières grasses qu'elle renferme, cette semence peut être considérée comme l'une des graines grasses industrielles à rendement le plus élevé. En outre la forte proportion, la blancheur et le point de solification de la stéarine fournie par cette graine la feront sûrement rechercher par l'industrie stéarique quand elle sera devenue un article de commerce. A ce point de vue, elle est supérieure à sa congénère de la côte orientale d'Afrique tropicale, l'*A. Stahlmanni* Engler qui a été étudiée, ainsi que la graine qu'elle fournit, sous le nom de *beurre de M'Kani* par le D[r] Heise (*Notizblatt des Kœnig. Museums zu Berlin*, n° 326, novembre 1895, p. 93). Cette graisse, connue des indigènes de l'*Usambara* qui en font usage depuis longtemps, renferme en effet 52,75 pour 100 d'acide stéarique et 42,90 pour 100 d'acide oléique. Elle convient donc moins que celle du *Bouandja* du Gabon à la fabrication des bougies.

» Il existe une troisième espèce d'*Allanblackia* en Afrique tropicale, au Zanguebar, décrite par M. Hua (*Bull. du Mus. d'Hist. nat. de Paris,* 1896, n° 4) sous le nom d'*All. Sacleuxii* et dont la connaissance est due au R. P. Sacleux. Les graines de cette espèce, plus grosses que celles des deux précédentes, ont à peu près la même composition chimique; leur corps gras solide est connu des indigènes qui l'emploient sous le nom de beurre de *Kanyé* qu'il ne faut pas confondre, comme on l'a fait très souvent, avec le beurre de *Kanya* de la côte occidentale d'Afrique, qui est fourni par une autre guttifère, la *Pentadesma butyracea* Dox, et dont la composition chimique est peu différente de celle du produit des *Allanblackia* [1]. »

---

[1] J'ai fait connaître (*Annales de l'Institut colonial de Marseille*, p. 120; 1893) cette composition de beurre de *Kanya :* acide oléique 18,35 pour 100, acide stéarique 81,65 pour 100.

BOTANIQUE. — *Modifications dans l'écorce primaire chez les Dicotylédones.* Note de M. **Eberhardt** [1], présentée par M. Gaston Bonnier.

« Il est à remarquer qu'au début tout au moins, et même pendant un temps assez long, dans la généralité des plantes dicotylédones, le cylindre central s'épaissit d'une façon sensible sans que l'écorce éclate. Il peut par conséquent être intéressant de rechercher par quels moyens cette écorce arrive à suivre sans se rompre l'accroissement rapide du cylindre central. En général, on suppose implicitement que les cellules de l'écorce se multiplient en se cloisonnant dans le sens radial; le nombre des cellules d'une assise quelconque irait par suite en augmentant, et la circonférence formant le contour de cette assise s'accroîtrait en longueur en même temps que le cylindre central.

» En réalité, les phénomènes dont l'écorce est le siège sont plus complexes, les modifications qu'elle subit, sous la poussée du cylindre central, plus nombreuses, et c'est leur exposé qui fait l'objet de la présente Note.

» Prenons comme exemple la jeune tige du Frêne, qui a l'avantage de réunir à peu près tous les cas que l'on peut rencontrer dans les végétaux dicotylédones ligneux à liège superficiel.

» Considérons une section transversale de cette tige, à une époque où le liège, qui est ici sous-épidermique, a déjà fait son apparition.

» Immédiatement au-dessous du liège et de son assise productrice, apparaît l'écorce parenchymateuse, que l'on peut diviser en un certain nombre de couches qui, de dedans en dehors, sont :

» 1° Deux ou trois assises dont la première est en contact direct avec le cylindre central, et dont les cellules à parois minces présentent un léger aplatissement et un certain nombre de cloisonnements radiaux;

» 2° Quelques assises sous-jacentes, qui sont d'ordinaire les quatrième, cinquième et sixième, et qui ont subi un aplatissement plus accentué que les précédentes; parfois un certain nombre de cellules sont même complètement écrasées, et l'on remarque en outre dans ces assises des lacunes à dimensions réduites, ayant subi elles aussi un aplatissement évident;

» 3° Quelques assises de cellules, toujours à parois minces, mais ayant encore sur la coupe transversale une forme arrondie. Entre ces cellules, on voit apparaître de grandes

---

(1) Travail fait au laboratoire de Botanique de la Sorbonne, dirigé par M. Gaston Bonnier.

lacunes où l'on distingue encore des débris de parois cellulaires. A mesure que l'on s'éloigne du cylindre central, ces lacunes diminuent au point de n'être plus dans les assises supérieures que de simples méats irréguliers ;

» 4° Enfin quatre ou cinq assises de cellules à parois relativement épaisses, très intimement reliées entre elles et n'ayant subi aucune déformation. La dernière de ces assises est l'assise productrice du liège que nous trouvons au-dessus.

» Interprétons les faits que nous fournit l'étude du Frêne et qui, nous le répétons, sont très généraux.

» Le liège périphérique, qui, dans le Frêne, est très précoce, et surtout les assises n° 4, qui sont formées de cellules à parois épaisses et adhérant fortement les unes aux autres, opposent à l'accroissement de la tige une résistance assez grande, de sorte que les cellules du reste de l'écorce primitive, comprimées entre le cylindre central qui grandit et ces assises qui résistent sans se déformer, ont une tendance à s'aplatir dans le sens radial et par conséquent à s'allonger dans le sens tangentiel.

» Il en résulte que, malgré l'épaississement du cylindre central, le diamètre total de la tige n'augmente pas sensiblement, du moins au début, puisque si, d'une part, le cylindre central s'accroît en diamètre, d'autre part, l'écorce éprouve en épaisseur une réduction correspondante.

» Il y a donc lieu d'examiner comment s'opère cette réduction et dans quelle mesure les différentes assises y prennent part.

» Si l'on considère les assises les plus internes, désignées par le n° 1 dans la description précédente de la coupe transversale de la tige du Frêne, on les voit s'aplatir d'abord dans le sens radial et, par conséquent, s'allonger dans le sens tangentiel; puis des cloisons radiales apparaissent dans la plupart d'entre elles, de sorte que, le nombre des cellules d'une même assise devenant ainsi plus grand, sa circonférence s'allonge, et, par suite, elle peut, grâce à ce cloisonnement, se prêter sans se rompre à l'accroissement du cylindre central.

» Mais les assises qui suivent immédiatement celles-là, moins aptes à se cloisonner, ne peuvent suivre à la fois le développement du cylindre central et l'allongement de la circonférence des assises n° 1 qu'en s'aplatissant d'abord et en se séparant ensuite. C'est ainsi que prennent naissance ces lacunes si visibles dans les assises n°s 3 et 2 du Frêne.

» Il arrive même que certaines de ces cellules sont déchirées. Les lacunes proviennent donc, non seulement de l'écartement pur et simple des assises n°s 3 et 2, mais encore de la disparition d'un grand nombre

d'entre elles : c'est ce qui résulte de la constatation faite relativement à la présence, dans certaines de ces lacunes, de débris de parois cellulaires.

» L'accroissement du cylindre central continuant à se produire et l'écorce ayant jusque-là cédé soit par formation de lacunes, soit par cloisonnements, les assises n° 4 de la région extérieure résistant toujours, les lacunes s'atténuent d'abord et finissent même par s'aplatir complètement jusqu'à disparaître.

» Or la pression doit avoir son effet le plus marqué sur les assises les moins résistantes, c'est-à-dire les plus lacuneuses; c'est donc dans ces assises que les lacunes s'aplatissent d'abord et, quand ces dernières ont disparu, il arrive que, la pression continuant à agir, les cellules elles-mêmes s'écrasent permettant ainsi le développement du cylindre central, sans que les assises les plus externes de l'écorce aient besoin pour cela de se déformer ou de se rompre. La région écrasée prend alors l'aspect que nous avons désigné sous le n° 2 dans notre description.

» Les diverses phases du phénomène ne sont pas toujours aussi distinctes, aussi tranchées que dans le Frêne; il peut même arriver que dans certains cas quelques-unes d'entre elles fassent défaut.

» Chez le Chêne, le Charme, l'Aune, le Troëne, le Cerisier, le Poirier, le Hêtre, le Pommier, etc., c'est surtout par les lacunes que l'écorce suit le développement du cylindre central.

» Chez le Sorbier, l'Amandier, le Robinier, le Fusain, le Laurier, etc., c'est de préférence par des cloisonnements.

» Dans d'autres cas enfin : chez le Tilleul, l'*Althæa*, le *Rhus*, etc., c'est l'écrasement des cellules qui semble dominer.

» Observons, à ce sujet, que la présence des lacunes peut provoquer des cloisonnements; en effet, les cellules qui les limitent, comprimées par le développement du cylindre central, font en quelque sorte hernie à l'intérieur de ces espaces vides; leur partie saillante se sépare par une cloison et il se forme de cette façon l'ébauche d'un tissu de cicatrisation dont l'effet est de remplir la lacune qui peut être ainsi assimilée à une blessure.

» Ce que je viens de dire se passe dans l'écorce des tiges encore très jeunes des plantes ligneuses et avant que les formations secondaires présentent un grand développement. Cependant, les quelques plantes herbacées que j'ai observées (*Stachys*, *Isatis*, *Rhinanthus*, *Aster*, etc.) me

portent à penser que ces procédés d'extension de l'écorce sont très généraux et se retrouvent également chez les plantes herbacées. »

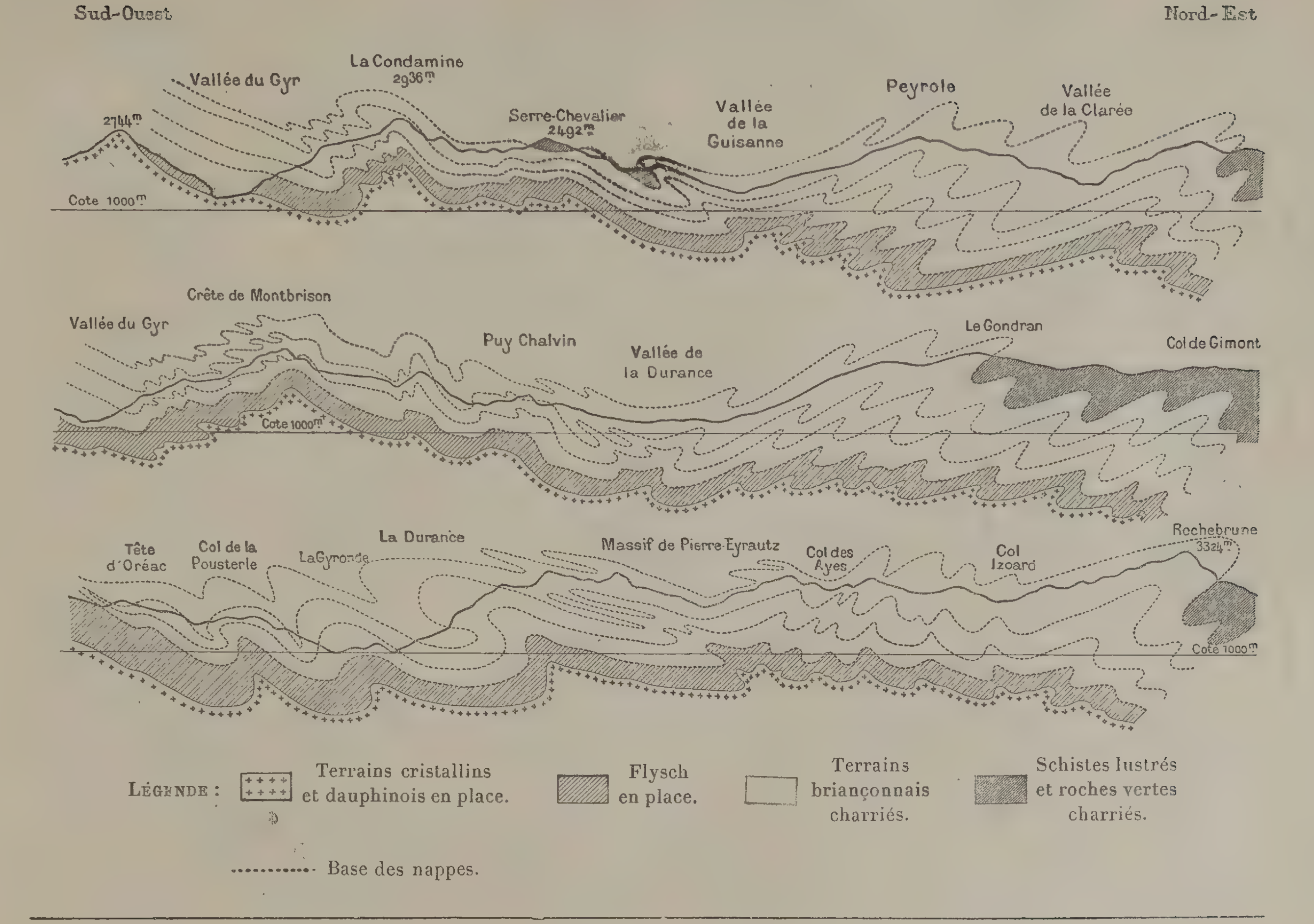
GÉOLOGIE. — *Sur la structure du Briançonnais.* Note de M. **P. Termier**, présentée par M. Marcel Bertrand.

« Si des discussions ont pu s'élever, entre géologues, sur les prolongements de la *zone du Briançonnais* au nord de la Tarentaise et au sud de l'Ubaye, la définition de cette zone dans la région même de Briançon, entre les vallées de l'Arc et du Guil, ne présente aucune ambiguïté. Dans cette région, la zone est limitée : à l'ouest, par une ligne un peu sinueuse qui passe non loin des cols du Galibier, du Lautaret, de l'Eychauda, de la Pousterle et d'Anon, et non loin de Vallouise ; à l'est, par une autre ligne, également sinueuse, où commence la région des schistes lustrés, et qui reste voisine de la frontière franco-italienne. Le long de son bord ouest, la zone du Briançonnais repose sur le flysch, et, partout, ce contact avec le flysch semble être un contact anormal ; le long de son bord est, elle repose sur les schistes lustrés. Les plis du bord ouest sont couchés vers la France ; ceux du bord est, vers l'Italie. La zone a donc une structure en éventail. Dans la partie médiane, le houiller affleure sur de vastes étendues, avec toutes les apparences d'une formation très épaisse : c'est pour cela que Lory distinguait cette partie médiane sous le nom de *zone houillère*. Nulle part, sous le houiller, n'apparaissent les terrains plus anciens. Les terrains qui, avec le houiller, jouent le rôle prépondérant dans la constitution de la zone, le trias, le lias et le malm, ont, dans cette région voisine de Briançon, des facies très particuliers. *Pris dans leur ensemble*, ces facies s'arrêtent brusquement aux limites de la zone. En sortant de la zone, à l'ouest comme à l'est, on a l'impression de franchir une véritable frontière géologique. Tous ces faits sont déjà connus [1], et il n'y a pas lieu d'y insister. On sait aussi que la zone houillère a été considérée jusqu'ici comme une *zone anticlinale* plissée en éventail, l'éventail se rabattant, à l'ouest et à l'est, sur deux séries de plis isoclinaux.

» L'étude minutieuse, et prolongée pendant plusieurs années, de la partie

[1] Travaux géologiques de Charles Lory, de MM. Marcel Bertrand, Diener, Haug, Kilian, Lugeon, Zaccagna, et de l'auteur.

Trois coupes parallèles à travers le Briançonnais [1]. (Échelle $\frac{1}{160000}$.)



[1] La troisième coupe, dans sa partie est, est, avec une interprétation différente, celle qu'ont donnée MM. Kilian et Lugeon.

de la zone briançonnaise comprise entre Vallouise et Briançon m'a conduit à une conception toute différente. La zone tout entière m'apparaît aujourd'hui comme formée d'un *empilement de nappes charriées*, empilement qui repose partout sur le flysch, et dont le plissement en éventail est *postérieur au charriage*. Quant aux schistes lustrés, ils sont pour moi une dernière nappe, supérieure à toutes celles de la zone briançonnaise.

» Les montagnes qui se dressent au nord-est de Vallouise (chaîne de Montbrison) sont constituées par une alternance, plusieurs fois répétée, de trias, de lias et de malm, avec quelques intercalations lenticulaires de houiller et d'un flysch à facies spécial. C'est une structure en *écailles,* ramenant périodiquement la série normale des terrains, du houiller au flysch, au-dessus d'une série semblable. Des portions de série renversée s'observent çà et là, entre les écailles successives. Les phénomènes d'étirement et de laminage ont une ampleur extraordinaire.

» Sur le versant ouest de la chaîne affleurent ainsi trois écailles. Chacune d'elles se prolonge fort loin vers l'est : et, comme elles sont plissées, et relevées, sous la crête de Montbrison, en un vaste bombement anticlinal, on peut suivre les deux premières jusqu'à la Durance, et la troisième plus loin encore. Dans chaque écaille, le houiller, fort réduit à l'ouest, devient, vers l'est, de plus en plus épais. Vers Prelles, le houiller du fond de la vallée de la Durance est celui qui forme la base de la troisième écaille; et le grand massif de Pierre-Eyrautz, récemment décrit par MM. Kilian et Lugeon, est constitué par les reploiements de cette même troisième écaille.

» Au nord des Combes, de l'Eychauda à Prorel, on voit une quatrième écaille reposer sur le flysch ou le malm de la troisième. Cette quatrième écaille est formée, à sa base, d'une mince lame de houiller et de trias inférieur et, au-dessus de cette lame, de schistes cristallins intimement associés à des conglomérats. En 1895, j'ai émis l'hypothèse que schistes cristallins et conglomérats étaient d'âge tertiaire. La récente découverte, faite par M. Kilian, de schistes et de conglomérats identiques, près du mont Genèvre, en liaison évidente avec les schistes lustrés, m'a démontré d'une façon péremptoire que les schistes cristallins en question (quel que soit d'ailleurs leur âge) se rattachent aux *roches vertes des schistes lustrés.* C'est donc, à n'en pas douter, de la région des schistes lustrés que vient la quatrième écaille.

» Les quatre écailles sont plissées de la façon la plus énergique. Leurs plis, couchés vers l'ouest, souvent jusqu'à l'horizontale, sont comparables, comme allure générale, à ceux de la zone du flysch et à ceux du bord oriental du Pelvoux.

» Tels sont les faits. Je ne vois que deux manières de les interpréter :

» Dans une première hypothèse, les trois écailles inférieures seraient trois plis couchés superposés formant un paquet analogue à celui du mont Joly. Ces plis auraient leurs racines, les deux premiers le long de la Durance et de la Guisanne, le troisième le long de la ligne axiale de l'éventail. La *zone houillère* garderait ainsi sa signification anticlinale. Sur le paquet des trois plis couchés serait venue, de la région des schistes lustrés, se poser la quatrième écaille. Puis, l'empilement d'écailles aurait été *de nouveau* plissé.

» Dans une seconde hypothèse, les quatre écailles seraient *quatre nappes charriées*, transportées, avant le plissement, pendant la phase préparatoire du ridement post-oligocène. L'empilement aurait été plissé ultérieurement, en une seule fois, et façonné en éventail.

» La première solution se heurte à de graves objections : 1° aucun des paquets de plis couchés que l'on connaît actuellement ne présente ni des phénomènes d'étirement comparables à ceux que l'on observe ici, ni des plissements secondaires d'une semblable énergie; 2° il est peu vraisemblable que l'éventail n'ait pas été façonné dès le premier plissement, et il est encore moins vraisemblable qu'après la formation de l'éventail la quatrième écaille, qui vient certainement de l'est, ait pu venir d'une région où tous les plis étaient déjà déversés vers l'est; 3° sauf en quelques points, par exemple entre l'Argentière et Prelles, rien n'indique une tendance des écailles inférieures à *prendre racine*. Le long de la Guisanne et de la Durance, de Villeneuve à Villard-Saint-Pancrace, le houiller (qui devrait être partout vertical) est presque partout horizontal.

» La deuxième solution échappe à ces objections : elle rend compte de tous les faits locaux observés, et toujours d'une façon plus simple et plus vraisemblable que la première hypothèse. De plus, elle semble s'arranger, mieux que celle-ci, avec ce que nous savons déjà de la géologie des Alpes occidentales. Dans cette deuxième solution, les lambeaux de recouvrement de l'Ubaye deviennent de simples témoins des nappes inférieures de la zone briançonnaise; et il me semble que l'origine de ces lambeaux s'explique mieux ainsi que par l'hypothèse de MM. Kilian et Haug. La brusque apparition des schistes lustrés, à l'est de la zone briançonnaise, et le fait que, dans la région d'Étache, ces schistes sont partout séparés des calcaires triasiques par une lame de quartzites du trias inférieur, n'ont même plus besoin d'explication si l'on admet le charriage. Enfin, comme M. Marcel Bertrand me l'a, depuis longtemps, fait remarquer, les plissements des terrains du mont Jovet, incompréhensibles dans l'ancienne manière de voir (puisque ces terrains sont placés sur le sommet même de l'éventail), n'ont plus rien d'étrange si la zone de l'éventail est une zone charriée.

» Sans doute, cette deuxième solution est, de prime abord, un peu déconcertante, à cause de l'ampleur qu'elle suppose aux phénomènes de charriage. Mais personne, aujourd'hui, ne peut plus révoquer en doute la possibilité de ces phénomènes (les récentes découvertes de M. Marcel Bertrand en Provence sont, à cet égard, tout à fait démonstratives), et l'on ne peut comprendre de semblables charriages sans admettre qu'ils procèdent d'une *cause générale*. Entre les nappes de Provence et celles des Préalpes et des *Klippes* suisses, les nappes du Briançonnais et du Piémont forment le trait d'union qui jusqu'ici manquait; et l'on arrive, grâce à elles, à cette notion rationnelle, entrevue déjà par M. Lugeon, d'un immense système de recouvrements, étalé, avant le dernier ridement des Alpes, sur la majeure partie de l'aire où devait plus tard s'élever la chaîne. »

M. E. Houpied adresse une Note relative à un appareil inflammateur des mélanges tonnants, applicable aux moteurs à cylindres uniques ou multiples.

M. A. Laclau adresse une Note relative à un remède préventif et curatif des maladies de poitrine.

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 30 janvier 1899.

Annales de l'observatoire de Nice, publiées *sous les auspices du Bureau des Longitudes,* par M. Perrotin. Tome I. Paris, Gauthier-Villars, 1899; 1 vol. grand in-4°, avec Atlas in-folio. (Présenté par M. Faye.)

Principes de la Théorie mathématique de la Machine à vapeur, par J. Nadal. Paris, Vve Ch. Dunod, 1899; 1 fasc. in-4°.

Annales des maladies de l'oreille, du larynx, du nez et du pharynx, par A. Gouguenheim et M. Lermoyez. Tome XXV, n° 1. Paris, Masson et Cie, 1899; 1 br. in-8°.

Annales agronomiques, par M. P.-P. Dehérain, Membre de l'Institut. Tome XXV, n° 1. Paris, Masson et Cie, 1899; 1 br. in-8°.

Bulletin de la Société géologique de France. Troisième série. Tome XXVI. Paris, siège de la Société, 1899; 1 br. in-8°.

Bulletin économique de l'Indo-Chine. N° 7. Saïgon, 1898; 1 fasc. in-8°.

Tables générales du Recueil des Bulletins de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique. Tomes I à XXX (1881 à 1895). Bruxelles, Hayez, 1898; 1 vol. in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Belgique. Tome XII. Bruxelles, Hayez, 1898; 1 fasc. in-8°.

Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie. Décembre 1898. Cracovie, imprimerie de l'Université, 1898; 1 fasc. in-8°.

Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. N° 1. Berlin, R. Friedländer und Sohn, 1899; 1 vol. in-8°.

Fourteenth annual report of the Bureau of animal industry, 1897. Washington, Government printing office, 1898; 1 vol. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 6 février 1899.

Annales de l'observatoire de Bordeaux, publiées par G. Rayet. Tome VIII. Paris, Gauthier-Villars, et Bordeaux, Feret et fils, 1898; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Lœwy.)

Observations pluviométriques et thermométriques faites dans le département de la Gironde, de juin 1897 *à mai* 1898. Note de M. G. Rayet. Bordeaux, imp. G. Gounouilhou, 1898; 1 br. in-8°.

Recueil de données numériques, publié par la Société française de Physique. *Optique*, par H. Dufet. Deuxième fascicule : *Propriétés optiques des solides*. Paris, Gauthier-Villars, 1899; 1 vol. in-8°.

La photographie des animaux aquatiques, par Fabre-Domergue. Paris, Georges Carré et C. Naud, 1899; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Marey.)

Les bandages pneumatiques et la résistance au roulement, par le baron de Mauni. Paris, Vve Ch. Dunod, 1899; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Léauté.)

Société d'encouragement pour l'Industrie nationale. Annuaire pour l'année 1899. Paris, typ. Chamerot et Renouard, 1899; 1 vol. in-12.

Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, 1897-1898. Tome IV, 2e et dernier fascicule. Grenoble, imp. Allier frères, 1898; 1 vol. in-8°.

Procès-Verbaux des séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux. Année 1897-1898. Paris, Gauthier-Villars, et Bordeaux, Feret et fils, 1898; 1 vol. in-8°.

Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux. 5e série, Tome IV. Paris, Gauthier-Villars, et Bordeaux, Feret et fils, 1898; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société industrielle d'Amiens. Tome XXXVI, n° 6, novembre 1898. Amiens, imp. E. Jeunet, 1898; 1 fasc. in-8°.

Conspectus hepaticarum Archipelagi. Indice..., von Dr Victor Schiffner. Batavia, Staatsdruckerei, 1898; 1 vol. in-8°.

Contribution à l'étude lithologique, microscopique et chimique des roches sé-

dimentaires, secondaires et tertiaires du Portugal, par M. Bleicher. Lisbonne, impr. de l'Académie royale des Sciences, 1898; 1 vol. in-8°, avec 7 planches.

Transactions of the american Society of mechanical engineers. Vol. XIX, 1898. New York city, published by the Society, 1898; 1 vol in-8°.

Iowa geological Survey. Vol. VIII. Annual report, 1897, with accompanying papers. Des Moines, pub. for the « Iowa geological Survey », 1898; 1 vol. in-8°.

Wissenschaftliche Ergebnisse der Reisen in Madagaskar und Ostafrika, in den Jahren 1889-1895, von Dr A. Vœltzkow. Bd. I, Heft III, mit 7 Tafeln. Frankfurt a. M., 1898; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Alfred Grandidier.)

Die Blasenzellen von Antithamnion Plumula (*Ellis*) *Thur. und* Antithamnion cruciatum (*Ag.*) *Näg.*, von Dr A. Nestler. Kiel und Leipzig, Lipsius und Tischer, 1898; 1 fasc. in-4°.

Amphibienreste aus dem Diatomaceenschiefer von Sulloditz im Böhm. Mittelgebirge, von Dr Gustav-C. Laube. Prag, 1898; 1 fasc. in-4°, mit einer Tafel.

Di un nuovo metodo sperimentale per lo studio dell' assorbimento della luce nel campo magnetico. II. *Nota del socio Augusto Righi.* Roma, tipogr. della R. Accademia dei Lincei, 1898; 1 fasc. in-8°.